



การจัดทำระบบงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบรีเวิร์สออสโมซิส กรณีศึกษา  
Creating A System for Preventive Maintenance of a Reverse Osmosis System  
Case Study

พฤษวิสาข์ บุญยอด  
Pruewisa Bunyod

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม  
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Minor Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the  
Requirements for the Degree of Master  
of Engineering in Industrial Management  
Prince of Songkla University

2568

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์



การจัดทำระบบงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบรีเวิร์สออสโมซิส กรณีศึกษา  
Creating A System for Preventive Maintenance of a Reverse Osmosis System  
Case Study

พฤษวิสาข์ บุญยอด  
Pruewisa Bunyod

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม  
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Minor Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the  
Requirements for the Degree of Master  
of Engineering in Industrial Management  
Prince of Songkla University

2568

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อสารนิพนธ์      การจัดทำระบบงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบรีเวิร์สออสโมซิส กรณีศึกษา  
 ผู้เขียน              นายพัชร์วิสาข์ บุญยอด  
 สาขาวิชา            การจัดการอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์หลัก

คณะกรรมการสอบ

#DS01# .....  
 (ดร.สุรียา จิรสติสิน)

#DS02#.....ประธาน  
 (รองศาสตราจารย์ วนิดา รัตนมณี)

#DS03#.....กรรมการ  
 (ดร.สุรียา จิรสติสิน)

#DS04#.....กรรมการ  
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชุกกรี แดสา)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้รับสารนิพนธ์ฉบับ  
 นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
 สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม

#DS06#.....

(ดร.สุรียา จิรสติสิน)

ประธานคณะกรรมการบริหารหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
 สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม

(3)

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ #DS05# .....

(ดร.สุรียา จิรสติสิน)

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

ลงชื่อ นายพัชร์วิสาข์ บุญยอด

นักศึกษา

(4)

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการขออนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และ  
ไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ นายพัทธ์วิสาข์ บุญยอด  
นักศึกษา

ชื่อสารนิพนธ์	การจัดทำระบบงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบรีเวอร์สออสโมซิส กรณีศึกษา
ผู้เขียน	นายพฤษวิสาข์ บุญยอด
สาขาวิชา	การจัดการอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2567

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำระบบงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันสำหรับระบบรีเวอร์สออสโมซิส กรณีศึกษา เพื่อยกระดับมาตรฐานและเพิ่มความพร้อมเดินเครื่องจักรเป็น 100% จากเดิมที่มีเพียง 87.5% โดยก่อนการนำระบบบำรุงรักษาเชิงป้องกันมาใช้ พบว่าการซ่อมบำรุงจะดำเนินการในลักษณะ "ซ่อมเมื่อเสีย" ขาดแผนการบำรุงรักษาล่วงหน้า ทำให้เครื่องจักรเสี่ยงต่อการหยุดชะงัก ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตน้ำบริสุทธิ์ที่จำเป็นต่อการผลิตไฟฟ้า โดยเมื่อได้นำระบบงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันมาใช้เป็นระยะเวลา 3 เดือน (พ.ย. 2567 - ม.ค. 2568) พบว่าความพร้อมเดินเครื่องจักรเพิ่มขึ้นเป็น 100% ช่วยให้พนักงานซ่อมบำรุงสามารถดำเนินงานตามมาตรฐานตรวจสอบ วิเคราะห์ และป้องกันปัญหาก่อนเกิดความเสียหาย ระบบที่จัดทำยังอยู่ในรูปแบบดิจิทัลลดการใช้กระดาษ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับระบบอื่น ๆ ในองค์กร นอกจากนี้ ยังช่วยรักษารายได้ผลิตไฟฟ้าคิดเป็นมูลค่า 7.8 ล้านบาท/วัน และลดค่าเช่าเครื่องผลิตน้ำบริสุทธิ์คิดเป็นมูลค่า 12 ล้านบาท/ปี หากระบบเกิดขัดข้องหรือเครื่องจักรชำรุด

**คำสำคัญ :** งานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน, ระบบรีเวอร์สออสโมซิส, ความพร้อมเดินเครื่องจักร

<b>Minor Thesis Title</b>	Creating A system For Preventive Maintenance of a Reverse Osmosis System: Case Study
<b>Author</b>	Mister Pruewisa Bunyod
<b>Major Program</b>	Industrial Management
<b>Academic Year</b>	2024

### ABSTRACT

This research aims to establish a preventive maintenance system for a reverse osmosis system in a case study. The objectives are to elevate standards and increase machine availability to 100% from the previous 87.5%. Prior to the implementation of the preventive maintenance system, maintenance was conducted in a "repair when broken" manner, lacking a proactive maintenance plan. This made the machinery susceptible to disruptions, impacting the pure water production process essential for electricity generation. Following the implementation of the preventive maintenance system for a period of 3 months (November 2024 - January 2025), the Machine Availability Factor (MAF) increased 100%. This enabled maintenance personnel to operate according to standards, inspect, analyze, and prevent issues before damage occurred. The digital format of the developed system reduces paper usage and allows for its application to other systems within the organization in the future. Additionally, it helps maintain electricity generation revenue valued at 7.8 million baht per day and reduces the cost of renting pure water production equipment by 12 million baht per year if the system was shut down or the machine was broken.

**Keyword:** Preventive Maintenance, Reverse Osmosis System, Machine Availability Factor

## กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อ ดร.สุรียา จิรสถิตสิน ประธานคณะกรรมการบริหารหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม และเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ของผู้วิจัย รวมทั้งขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ วนิดา รัตนมณี และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชุกรี แดสา กรรมการสอบสารนิพนธ์ ที่ได้สละเวลาอันมีค่าให้คำปรึกษา คำแนะนำในการศึกษาค้นคว้างานวิจัยฉบับนี้ให้ลุล่วงไปได้ด้วยดีจนประสบความสำเร็จ และขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านด้วยความเคารพอย่างสูงที่ได้อบรมสั่งสอน ถ่ายทอดวิชาความรู้จนทำให้สำเร็จการศึกษาไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านในหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่กรุณามอบวิชาความรู้อันมีค่าให้แก่ผู้วิจัย รวมทั้งเจ้าหน้าที่ประจำโครงการหลักสูตรทุกท่านที่ได้อำนวยความสะดวกด้วยดีเสมอมา

ทำยนี้ขอกราบขอบพระคุณและขอมอบความดีให้กับ บิดา มารดา พี่น้อง ครอบครัว เพื่อนร่วมชั้นเรียน เพื่อนร่วมงาน ที่คอยช่วยเหลือเอาใจใส่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจเสมอมาและขอขอบพระคุณทุกท่านที่ไม่สามารถเอ่ยนามได้ทั้งหมดในที่นี้ ที่ได้มีส่วนส่งเสริมสนับสนุนส่งผลให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี และยังเป็นประโยชน์ต่อยอดในการทำงาน รวมทั้งผู้ที่สนใจศึกษาต่อไป หากการวิจัยในครั้งนี้ มีบทความใดขาดตกบกพร่อง หรือไม่สมบูรณ์ในการวิจัย ผู้วิจัยกราบขออภัยมา ณ โอกาสนี้ด้วย

พฤษวิสาข์ บุญยอด

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ.....	(5)
ABSTRACT.....	(6)
กิตติกรรมประกาศ.....	(7)
สารบัญ.....	(8)
รายการตาราง.....	(10)
รายการภาพประกอบ.....	(11)
สัญลักษณ์และคำย่อ.....	(17)
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	6
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	6
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	6
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.2 ทฤษฎีหลักการของระบบรีเวิร์สออสโมซิส (Reverse Osmosis - RO) .....	16
2.3 ทฤษฎีโปรแกรม.....	19
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	19
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	22
3.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	22
3.2 กำหนดขั้นตอนสำหรับการเริ่มต้นโปรแกรมการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน.....	23
3.3 ศึกษารูปแบบระบบงานซ่อมบำรุงรักษาของระบบรีเวิร์สออสโมซิส.....	24
กรณีศึกษา ณ ปัจจุบัน	
3.4 เก็บรวบรวมข้อมูลทางเทคนิคของเครื่องจักร อุปกรณ์ของระบบรีเวิร์สออสโมซิส	24
กรณีศึกษา และจัดทำรายการอุปกรณ์ (Equipment List)	
3.5 เก็บรวบรวมประวัติใบแจ้งซ่อมในระบบรีเวิร์สออสโมซิส กรณีศึกษา.....	29
จากระบบใบแจ้งซ่อม ERP (ข้อมูลจากปี พ.ศ.2557 – 2566)	
3.6 วิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากประวัติตามใบแจ้งซ่อม.....	37
3.7 รวบรวมข้อมูลจากประวัติงานซ่อม เพื่อคำนวณค่าความพร้อมเดิน.....	38
เครื่องจักร (Machine Availability Factor: MAF) ณ ปัจจุบัน	

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.8 กำหนดขอบเขตในการสร้างรูปแบบงานซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบ..... รีเวิร์สออสโมซิส กรณีศึกษา	39
3.9 กำหนดขั้นตอน ออกแบบรูปแบบการจัดทำระบบงานซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ของระบบรีเวิร์สออสโมซิส กรณีศึกษา ในรูปแบบดิจิทัล	40
3.10 สร้างเว็บไซต์ด้วย Google Sites.....	42
3.11 กำหนดมาตรฐานการบำรุงรักษา.....	42
3.12 จัดทำมาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร.....	44
3.13 ดำเนินการงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันตามแผนงานระบบซ่อมบำรุงรักษา..... เชิงป้องกันรายปี และมาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร	45
3.14 การบันทึกค่า ตรวจสอบ เก็บข้อมูล จากอุปกรณ์ Sensor..... ตรวจสอบค่าสำคัญต่าง ๆ	48
3.15 จัดตั้งกลุ่มไลน์ของพนักงานซ่อมบำรุงและผู้เกี่ยวข้อง.....	56
3.16 ทำการวัดผลหลังการดำเนินงาน.....	57
3.17 สรุปงานวิจัยและเสนอแนะ.....	57
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	59
4.1 การจัดทำแผนบำรุงรักษาประจำปี.....	59
4.2 การจัดทำระบบงานบำรุงรักษาระบบงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบรีเวิร์ส... ออสโมซิส กรณีศึกษา ในรูปแบบดิจิทัล	59
4.3 ผลการวิเคราะห์ ติดตามค่าตรวจสอบจากอุปกรณ์หลักที่สำคัญในระบบ.....	62
4.4 รายงานจำนวนใบแจ้งซ่อมหลังจากการใช้งานระบบใหม่	93
4.5 ค่าความพร้อมเดินเครื่องจักรหลังจากการใช้งานระบบใหม่.....	95
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย.....	97
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	97
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	97
บรรณานุกรม.....	99
ภาคผนวก.....	103
ภาคผนวก ก.....	103
ภาคผนวก ข.....	144
ประวัติผู้เขียน.....	146

## รายการตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 1 ตัวอย่างตารางงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	10
ตารางที่ 2 ตัวอย่างของบัตรบันทึกการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	14
ตารางที่ 3 Equipment List	25
ตารางที่ 4 ประวัติงานซ่อมระบบรีเวิร์สออสโมซิส	29
ตารางที่ 5 จำนวนใบแจ้งซ่อมของระบบรีเวิร์สออสโมซิส จำแนกตาม Equipment Group	38
ตารางที่ 6 สรุปค่าการแจ้งเตือน RO Differential Pressure	54
ตารางที่ 7 จำนวนใบแจ้งซ่อมของระบบรีเวิร์สออสโมซิส กรณีศึกษา จำแนกตาม Equipment Group ในช่วงระหว่างเก็บข้อมูลวิจัย (พ.ย.2567 - ม.ค.2568)	93

## รายการภาพประกอบ

ภาพ	หน้า
ภาพที่ 1 กระบวนการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าประเภทโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม โดยสังเขป	1
ภาพที่ 2 Flowchart บทบาทของระบบ RO ในกระบวนการผลิตของโรงไฟฟ้า กรณีศึกษา	2
ภาพที่ 3 Simple Diagram ของระบบรีเวิร์สออสโมซิส	3
ภาพที่ 4 ภาพถ่าย Overview ของระบบจริง ระบบรีเวิร์สออสโมซิส กรณีศึกษา	3
ภาพที่ 5 แผนภูมิแสดงจำนวนรายการแจ้งซ่อมระบบรีเวิร์สออสโมซิส (RO) แยกตามปี พ.ศ. 2557 – 2566	
ภาพที่ 6 แผนภูมิจำนวนการแจ้งซ่อมสะสม จำแนกตามประเภทอุปกรณ์หลัก ในระบบ RO	
ภาพที่ 7 การเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่องรถยนต์	6
ภาพที่ 8 การตรวจลมยางรถยนต์	7
ภาพที่ 9 ตัวอย่างกิจกรรมการบำรุงรักษาเชิงป้องกันมอเตอร์	15
ภาพที่ 10 ปრაกฏการณ์ออสโมซิส และรีเวิร์สออสโมซิส	16
ภาพที่ 11 RO Membrane element	17
ภาพที่ 12 ขนาดรูพรุนของการกรองแต่ละชนิด และความสามารถในการกรอง	17
ภาพที่ 13 Flowchart ขั้นตอนสำหรับการเริ่มต้นโปรแกรมการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	23
ภาพที่ 14 แผนภูมิสรุปจำนวนใบแจ้งซ่อม จากระบบใบแจ้งซ่อม ERP ก่อนดำเนินงานวิจัย	38
ภาพที่ 15 Flowchart กำหนดขอบเขตในการสร้างรูปแบบงานซ่อมบำรุงรักษา เชิงป้องกัน	40
ภาพที่ 16 ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาระบบบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ในรูปแบบดิจิทัล	42
ภาพที่ 17 ตัวอย่างหน้าเว็บไซต์ของ RO PM System	43
ภาพที่ 18 ตัวอย่างรูปแบบแผนงานระบบซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันรายปี ซึ่งจัดทำผ่านโปรแกรม Google Sheets	44
ภาพที่ 19 ตัวอย่างกิจกรรมงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันตามแผน ที่นำเสนอไว้ในหน้าเว็บ ปฏิทินงาน	44

### รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
ภาพที่ 20 ตัวอย่างการแจ้งเตือนกิจกรรมงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันตามแผนผ่านทาง Line Notify	45
ภาพที่ 21 ตัวอย่างมาตรฐานการบำรุงรักษาปั๊มแรงดันสูง RO (RO Vertical multistage pump)	46
ภาพที่ 22 ตัวอย่างระหว่างทำการ GREASE FILL of RO Pump	47
ภาพที่ 23 ตัวอย่างระหว่างทำการ VIBRATION & TEMP. CHECK of RO Pump	47
ภาพที่ 24 ตัวอย่างระหว่างทำการ Inspection & Clean of Cartridge Filter for RO	47
ภาพที่ 25 ตัวอย่างระหว่างทำการ Chemical clean of RO membranes	48
ภาพที่ 26 ตัวอย่างระหว่างทำการ Visual Check of RO Permeate Tank & Level	48
ภาพที่ 27 ตัวอย่างระหว่างทำการ Check Calibration of I&C Equipment	48
ภาพที่ 28 ตัวอย่าง Google Form สำหรับบันทึกค่าตรวจวัดค่าการสิ้นสະเทือน และอุณหภูมิถังลูกปืน ของ RO Pump	50
ภาพที่ 29 ตัวอย่าง Google Form สำหรับบันทึกค่าผลต่างแรงดันตกคร่อม	51
ภาพที่ 30 ตัวอย่างบันทึกค่าจากการตรวจวัดค่าการสิ้นสະเทือน และอุณหภูมิถังลูกปืน ของ RO Pump ผ่านโปรแกรม Google Form	51
ภาพที่ 31 ตัวอย่างบันทึกค่าผลต่างแรงดันตกคร่อม ผ่านโปรแกรม Google Form	52
ภาพที่ 32 Dashboard แสดงกราฟแนวโน้ม ค่าการสิ้นสະเทือนของ RO Feed Pump no.1	53
ภาพที่ 33 Dashboard แสดงกราฟแนวโน้มอุณหภูมิถังลูกปืนของ RO Feed Pump no.1	53
ภาพที่ 34 Dashboard แสดงกราฟแนวโน้ม ค่า Diff. Pressure of Cartridge filter RO Outlet	56
ภาพที่ 35 เครื่อง HAND HELD VIBRATION METER ยี่ห้อ AMTAST รุ่น TV2000	56
ภาพที่ 36 เครื่อง Mini Infrared Thermometer ยี่ห้อ Fluke 62	57
ภาพที่ 37 กลุ่มไลน์ของพนักงานซ่อมบำรุงและผู้เกี่ยวข้อง	57
ภาพที่ 38 Dashboard รายงานค่าความพร้อมเดินเครื่องจักร	58
ภาพที่ 39 Flowchart ในการออกแบบระบบการทำงาน	61
ภาพที่ 40 หน้าเว็บไซต์ ระบบงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบรีเวิร์สออสโมซิส กรณีศึกษา	62

### รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
ภาพที่ 41 Trend Plot ค่าการสันสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 1 แนวแกน V ของปั๊มป้อน RO เบอร์ 1	63
ภาพที่ 42 Trend Plot ค่าการสันสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 1 แนวแกน H ของปั๊มป้อน RO เบอร์ 1	64
ภาพที่ 43 Trend ค่าการสันสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 1 แนวแกน A ของปั๊มป้อน RO เบอร์ 1	64
ภาพที่ 44 Trend Plot ค่าอุณหภูมิิตัลบลูกปืน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 1 ของปั๊มป้อน RO เบอร์ 1	65
ภาพที่ 45 Trend Plot ค่าการสันสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 2 แนวแกน V ของปั๊มป้อน RO เบอร์ 1	65
ภาพที่ 46 Trend Plot ค่าการสันสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 2 แนวแกน H ของปั๊มป้อน RO เบอร์ 1	66
ภาพที่ 47 Trend Plot ค่าการสันสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 2 แนวแกน A ของปั๊มป้อน RO เบอร์ 1	66
ภาพที่ 48 Trend Plot ค่าอุณหภูมิิตัลบลูกปืน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 2 ของปั๊มป้อน RO เบอร์ 1	67
ภาพที่ 49 Trend Plot ค่าการสันสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 1 แนวแกน V ของปั๊มป้อน RO เบอร์ 2	68
ภาพที่ 50 Trend Plot ค่าการสันสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 1 แนวแกน H ของปั๊มป้อน RO เบอร์ 2	68
ภาพที่ 51 Trend Plot ค่าการสันสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 1 แนวแกน A ของปั๊มป้อน RO เบอร์ 2	69
ภาพที่ 52 Trend Plot ค่าอุณหภูมิิตัลบลูกปืน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 1 ของปั๊มป้อน RO เบอร์ 2	69
ภาพที่ 53 Trend Plot ค่าการสันสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 2 แนวแกน V ของปั๊มป้อน RO เบอร์ 2	70
ภาพที่ 54 Trend Plot ค่าการสันสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 2 แนวแกน H ของปั๊มป้อน RO เบอร์ 2	70

### รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
ภาพที่ 55 Trend Plot ค่าการสันสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 2 แนวแกน A ของปั๊มป้อน RO เบอร์ 2	71
ภาพที่ 56 Trend Plot ค่าอุณหภูมิ tilbukpin ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 2 ของปั๊มป้อน RO เบอร์ 2	71
ภาพที่ 57 Trend Plot ค่าการสันสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 1 แนวแกน V ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass1 เบอร์ 1	72
ภาพที่ 58 Trend Plot ค่าการสันสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 1 แนวแกน H ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass1 เบอร์ 1	73
ภาพที่ 59 Trend Plot ค่าการสันสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 1 แนวแกน A ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass1 เบอร์ 1	73
ภาพที่ 60 Trend Plot ค่าอุณหภูมิ tilbukpin ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 1 ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass1 เบอร์ 1	74
ภาพที่ 61 Trend Plot ค่าการสันสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 2 แนวแกน V ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass1 เบอร์ 1	74
ภาพที่ 62 Trend Plot ค่าการสันสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 2 แนวแกน H ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass1 เบอร์ 1	75
ภาพที่ 63 Trend Plot ค่าการสันสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 2 แนวแกน A ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass1 เบอร์ 1	75
ภาพที่ 64 Trend Plot ค่าอุณหภูมิ tilbukpin ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 2 ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass1 เบอร์ 1	76
ภาพที่ 65 Trend Plot ค่าการสันสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 1 แนวแกน V ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass1 เบอร์ 2	77
ภาพที่ 66 Trend Plot ค่าการสันสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 1 แนวแกน H ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass1 เบอร์ 2	77
ภาพที่ 67 Trend Plot ค่าการสันสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 1 แนวแกน A ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass1 เบอร์ 2	78
ภาพที่ 68 Trend Plot ค่าอุณหภูมิ tilbukpin ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 1 ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass1 เบอร์ 2	78
ภาพที่ 69 Trend Plot ค่าการสันสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 2 แนวแกน V ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass1 เบอร์ 2	79
ภาพที่ 70 Trend Plot ค่าการสันสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 2 แนวแกน H ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass1 เบอร์ 2	79

### รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
ภาพที่ 71 Trend Plot ค่าการสันสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 2 แนวแกน A ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass1 เบอร์ 2	80
ภาพที่ 72 Trend Plot ค่าอุณหภูมิ tilbukpin ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 2 ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass1 เบอร์ 2	80
ภาพที่ 73 Trend Plot ค่าการสันสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 1 แนวแกน V ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass2 เบอร์ 1	81
ภาพที่ 74 Trend Plot ค่าการสันสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 1 แนวแกน H ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass2 เบอร์ 1	82
ภาพที่ 75 Trend Plot ค่าการสันสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 1 แนวแกน A ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass2 เบอร์ 1	82
ภาพที่ 76 Trend Plot ค่าอุณหภูมิ tilbukpin ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 1 ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass2 เบอร์ 1	83
ภาพที่ 77 Trend Plot ค่าการสันสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 2 แนวแกน V ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass2 เบอร์ 1	83
ภาพที่ 78 Trend Plot ค่าการสันสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 2 แนวแกน H ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass2 เบอร์ 1	84
ภาพที่ 79 Trend Plot ค่าการสันสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 2 แนวแกน A ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass2 เบอร์ 1	84
ภาพที่ 80 Trend Plot ค่าอุณหภูมิ tilbukpin ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 2 ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass2 เบอร์ 1	85
ภาพที่ 81 Trend Plot ค่าการสันสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 1 แนวแกน V ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass2 เบอร์ 2	86
ภาพที่ 82 Trend Plot ค่าการสันสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 1 แนวแกน H ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass2 เบอร์ 2	86
ภาพที่ 83 Trend Plot ค่าการสันสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 1 แนวแกน A ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass2 เบอร์ 2	87
ภาพที่ 84 Trend Plot ค่าอุณหภูมิ tilbukpin ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 1 ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass2 เบอร์ 2	87
ภาพที่ 85 Trend Plot ค่าการสันสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 2 แนวแกน V ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass2 เบอร์ 2	88
ภาพที่ 86 Trend Plot ค่าการสันสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 2 แนวแกน H ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass2 เบอร์ 2	88

### รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
ภาพที่ 87 Trend Plot ค่าการสันสะท้อน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 2 แนวแกน A ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass2 เบอร์ 2	89
ภาพที่ 88 Trend Plot ค่าอุณหภูมิกลับลูกปืน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 2 ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass2 เบอร์ 2	89
ภาพที่ 89 Trend Plot ค่าความดันตกคร่อม Diff. Pressure of Cartridge filter RO Outlet	90
ภาพที่ 90 Trend Plot ค่าความดันตกคร่อม Diff. Pressure of RO pass I Outlet pass I stage I (Permeate)	91
ภาพที่ 91 Trend Plot ค่าความดันตกคร่อม Diff. Pressure of RO pass I Outlet pass I stage II (Reject: Concentrate)	91
ภาพที่ 92 Trend Plot ค่าความดันตกคร่อม Diff. Pressure of RO pass II Outlet pass II stage I (Permeate)	92
ภาพที่ 93 Trend Plot ค่าความดันตกคร่อม Diff. Pressure of RO pass II Outlet pass I stage II (Reject: Concentrate) To RO Pass I Feed	93
ภาพที่ 94 แผนภูมิแสดงจำนวนใบแจ้งซ่อม ในช่วงระหว่างเก็บข้อมูลวิจัย พ.ย.2567 - ม.ค.2568	94
ภาพที่ 95 แผนภูมิเปรียบเทียบจำนวนใบแจ้งซ่อมก่อน-หลัง ดำเนินงานวิจัย	95
ภาพที่ 96 Dashboard แสดงค่าความพร้อมเดินเครื่องจักร	96

## สัญลักษณ์และคำย่อ

PM = Preventive Maintenance  
RO = Reverse Osmosis  
MAF = Machine Availability Factor  
JDA = Joint Development Area  
CCPP = Combined Cycle Power Plant  
HRSG = Heat Recovery Steam Generator  
MF = Micro Filtration  
CEDI = Continuous Electro-Deionization  
ERP = Enterprise Resource Planning  
JIT = Just in Time  
NF = Nano Filtration  
UF = Ultrafiltration  
CMS = Content Management System  
API = Application Programming Interface  
GDS = Google Data Studio  
OEE = Overall Equipment Effectiveness  
MTBF = Mean Time Between Failures  
MTTR = Mean Time to Repair  
FMEA = Failure Modes and Effects Analysis  
TEMP. = Temperature  
I&C = Instrumentation and Control  
KKS = Identification System for Combined Cycle Power Plant  
Diff. Pressure = Differential Pressure  
ISO = International Organization for Standardization  
TPM = Total Productive Maintenance

## บทที่ 1 บทนำ

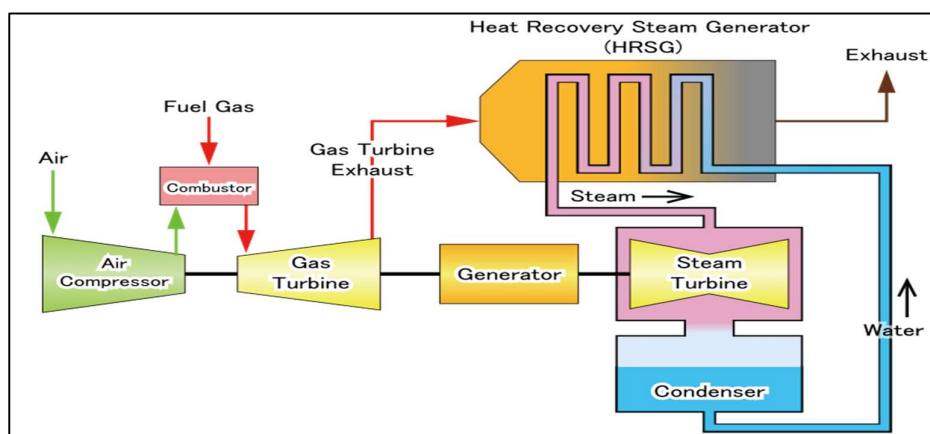
### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

#### ข้อมูลทั่วไปของโรงไฟฟ้า ภูมิศึกษา

โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมในกรณีศึกษา นี้ ใช้ก๊าซธรรมชาติจากแหล่งพัฒนาร่วมไทย-มาเลเซีย (JDA-A18) เป็นเชื้อเพลิง มีกำลังผลิตสุทธิรวม 1,571.8 เมกะวัตต์ แบ่งเป็น 2 ชุด ได้แก่ ชุดที่ 1 (Multi Shaft) กำลังผลิตสุทธิ 731.8 เมกะวัตต์ จ่ายไฟตั้งแต่ 15 กรกฎาคม 2551 ผลิตไฟฟ้ารวม 4,975 ล้านหน่วยต่อปี และใช้ดีเซลเป็นเชื้อเพลิงสำรอง ส่วนชุดที่ 2 (Single Shaft) กำลังผลิตสุทธิ 840 เมกะวัตต์ จ่ายไฟตั้งแต่ 15 กรกฎาคม 2557 ผลิตไฟฟ้าประมาณ 5,958 ล้านหน่วยต่อปี

#### กระบวนการผลิตไฟฟ้า

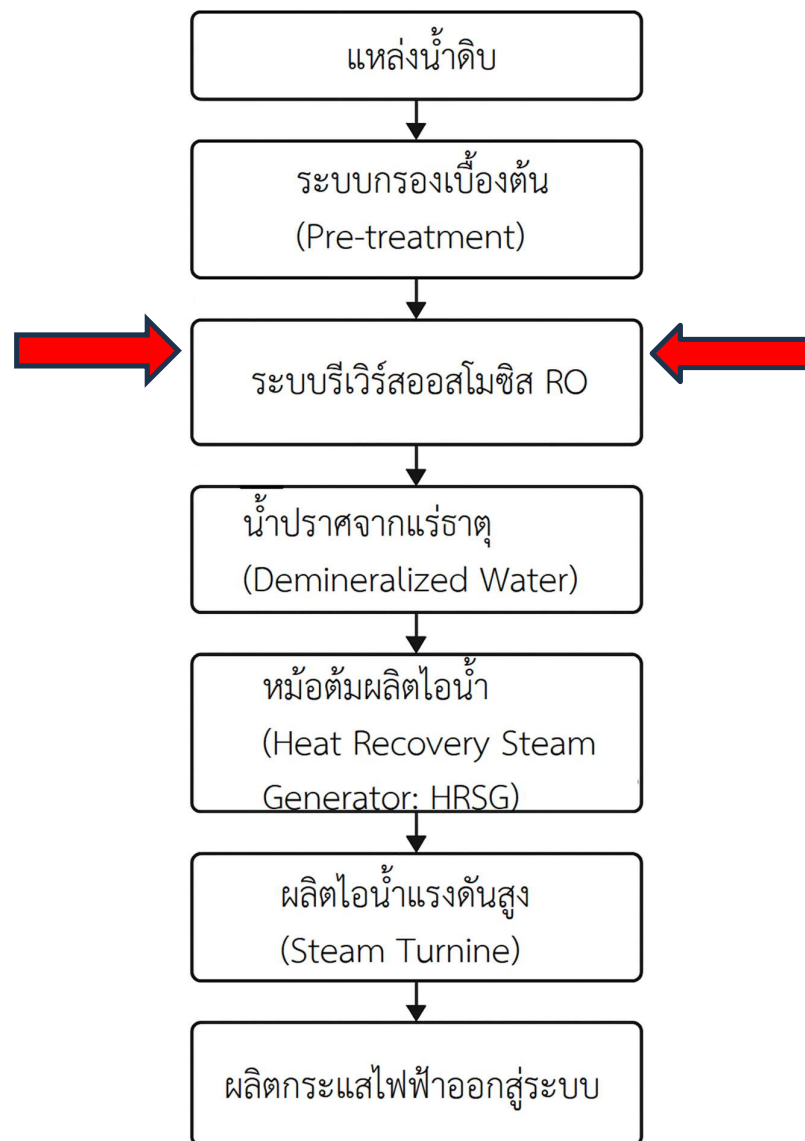
โรงไฟฟ้า ภูมิศึกษา เป็นโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม (Combined-Cycle Power Plant: CCPP) ที่ทำงานร่วมกันระหว่าง กังหันก๊าซ (Gas Turbine) และ กังหันไอน้ำ (Steam Turbine) ทั้งโรงไฟฟ้าชุดที่ 1 และชุดที่ 2 ทำงานโดยใช้อากาศจากภายนอกอัดด้วยเครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) แล้วส่งเข้าสู่ห้องเผาไหม้ (Combustor) ผสมกับก๊าซเชื้อเพลิงและจุดระเบิด เกิดก๊าซร้อนแรงดันสูงที่นำไปหมุนกังหันก๊าซ (Gas Turbine) เพื่อผลิตไฟฟ้าผ่านเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) จากนั้นไอเสีย (Gas Turbine Exhaust) ที่ยังมีพลังงานความร้อนสูงจะถูกส่งต่อไปยังหม้อไอน้ำดึงความร้อนกลับมาใช้ใหม่ (Heat Recovery Steam Generator: HRSG) เพื่อผลิตไอน้ำ ไอน้ำนี้จะไปหมุนกังหันไอน้ำ (Steam Turbine) เพื่อผลิตไฟฟ้าเพิ่มเติมอีกชุด และไอน้ำที่ใช้งานแล้วจะถูกควบแน่นกลับเป็นน้ำในคอนเดนเซอร์ (Condenser) เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ในระบบ ทำให้สามารถใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงได้อย่างคุ้มค่าทั้งในรูปแบบของไฟฟ้าและความร้อน เพิ่มประสิทธิภาพของระบบโดยรวม โดยสามารถแสดงกระบวนการผลิตไฟฟ้าโดยสังเขปได้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กระบวนการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าประเภทโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมโดยสังเขป  
ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (ไม่ระบุปี). *ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม Combined Cycle Power Plant สำหรับนักอาสาสมัครและความปลอดภัย*. สืบค้นเมื่อ 25 มีนาคม 2568, จาก <https://www.ohswa.or.th/18072305/>

### บทบาทของระบบรีเวอร์สออสโมซิส (Reverse Osmosis: RO)

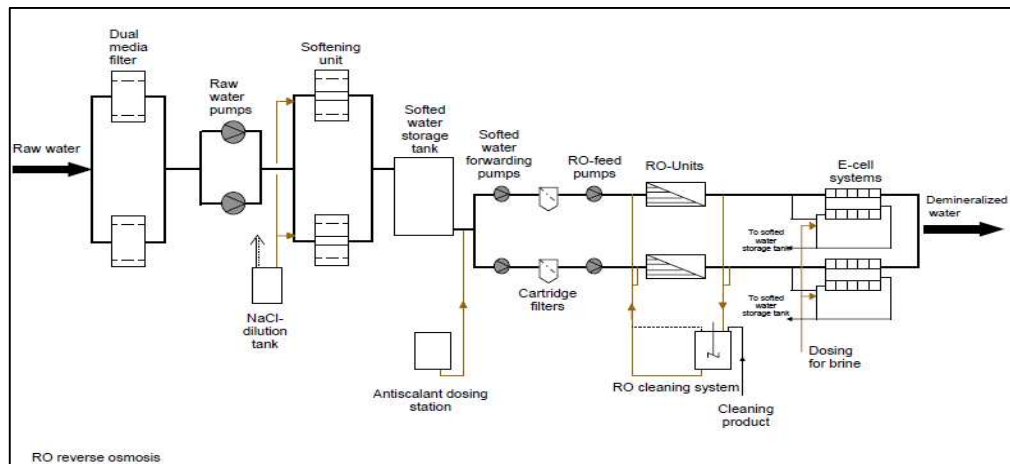
กระบวนการทำงานตามภาพที่ 2 แสดงให้เห็นบทบาทสำคัญของระบบรีเวอร์สออสโมซิส (Reverse Osmosis: RO) ในโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม โดยเริ่มจากการนำน้ำดิบมาผ่านระบบกรองเบื้องต้น (Pre-treatment) เพื่อขจัดสิ่งเจือปนขนาดใหญ่ก่อนส่งต่อไปยังระบบ RO ที่จะทำหน้าที่กรองน้ำให้บริสุทธิ์ ปราศจากแร่ธาตุ (Demineralized Water) น้ำบริสุทธิ์นี้มีบทบาทสำคัญในการนำเข้าสู่หม้อต้มผลิตไอน้ำ (Heat Recovery Steam Generator: HRSG) เพื่อผลิตไอน้ำแรงดันสูงสำหรับขับเคลื่อนกังหันไอน้ำ (Steam Turbine) และผลิตกระแสไฟฟ้าต่อไป โดยน้ำที่ผ่านระบบ RO แล้วจะช่วยลดปัญหาการเกิดตะกอน การกัดกร่อน และเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมให้สูงขึ้น



ภาพที่ 2 Flowchart บทบาทของระบบ RO ในกระบวนการผลิตของโรงไฟฟ้า กรณีศึกษา

### กระบวนการทำงานของระบบรีเวิร์สออสโมซิส กรณีศึกษา

จาก Simple Diagram ดังภาพที่ 3 สามารถแสดงกระบวนการทำงานของระบบ Reverse Osmosis (RO) โดยสังเขป โดยเริ่มจากน้ำดิบ (Raw water) ถูกส่งเข้าระบบกรองเบื้องต้น (Dual media filter) เพื่อแยกสิ่งเจือปนขนาดใหญ่ออกก่อน จากนั้นน้ำจะถูกสูบผ่านชุดทำให้น้ำอ่อน (Softening unit) เพื่อลดความกระด้างของน้ำ แล้วจัดเก็บไว้ที่ถังพักน้ำที่ผ่านการทำให้อ่อนแล้ว (Softened water storage tank) ก่อนจะถูกสูบผ่านชุดกรองละเอียด (Cartridge filters) อีกครั้ง และส่งเข้าสู่ชุดกรอง RO (RO-Units) เพื่อผลิตน้ำบริสุทธิ์ โดยมีระบบทำความสะอาดเมมเบรน (RO cleaning system) และระบบเติมสารป้องกันตะกรัน (Antiscalant dosing station) เพื่อป้องกันการอุดตันหรือการเกิดตะกรันในระบบ น้ำที่ผ่านระบบ RO แล้วจะเข้าสู่ระบบกำจัดไอออนหรือ E-cell systems จนได้เป็นน้ำปราศจากแร่ธาตุ (Demineralized water) ที่มีความบริสุทธิ์สูงสำหรับใช้งานต่อไป ภาพถ่าย Overview ของระบบจริง สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 3 Simple Diagram กระบวนการทำงานของระบบรีเวิร์สออสโมซิส กรณีศึกษา โดยสังเขป ที่มา: Siemens AG. (n.d.). RO process diagram [ภาพประกอบ]. จากการศึกษาประกอบระบบน้ำ RO โดย Siemens.



ภาพที่ 4 ภาพถ่าย Overview ของระบบจริง ระบบรีเวิร์สออสโมซิส กรณีศึกษา

### ประเภทของระบบรีเวิร์สออสโมซิส (RO)

ระบบ RO มีทั้งแบบ Single pass และ Double pass ขึ้นอยู่กับการจัดเรียง Pressure vessel หรือ Stage ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 ประเภทหลัก:

- Single stage system: Pressure vessel ตั้งแต่ 2 ชุดขึ้นไปเรียงขนานกัน ใช้ในกรณีที่ต้องการ Recovery <50% เช่น ระบบ Desalination

- Multistage system: ใช้มากกว่า 1 Stage เพื่อเพิ่ม Recovery rate แต่แต่ละ Stage ต้องมี Recovery rate  $\leq 50\%$  ระบบ 2 Stage มักมี Recovery rate 75-80%

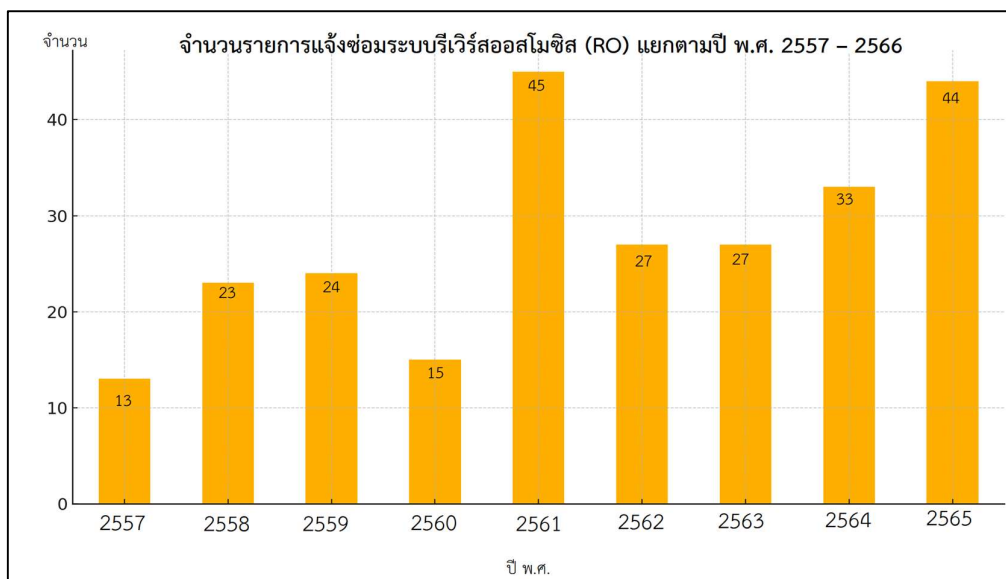
- 2 Pass RO system: ใช้เมื่อจำเป็นต้องการน้ำ Permeate คุณภาพสูง โดยน้ำ Permeate จาก Stage 1 จะเป็นน้ำป้อนของ Stage 2 ส่วน น้ำ Concentrate จาก Stage 2 จะนำกลับไปรวมกับน้ำป้อนของ Stage 1 (ระบบ RO ของโรงไฟฟ้ากรณีศึกษานี้เป็นแบบ 2 Pass RO system)

### ปัญหาด้านการบำรุงรักษาระบบรีเวิร์สออสโมซิส (RO) กรณีศึกษา ณ ปัจจุบัน

ระบบผลิตน้ำบริสุทธิ์ด้วยกระบวนการรีเวิร์สออสโมซิส (Reverse Osmosis: RO) ของโรงไฟฟ้ากรณีศึกษายังขาดการบำรุงรักษาเชิงระบบ โดยส่วนใหญ่จะดำเนินการซ่อมแซมเมื่อเกิดความเสียหายเท่านั้น (Breakdown Maintenance) ส่งผลให้ไม่มีมาตรฐานในการตรวจสอบเชิงป้องกันและไม่สามารถหลีกเลี่ยงความเสียหายซ้ำซ้อนจากจุดเดิมได้อย่างมีประสิทธิภาพ อันเป็นสาเหตุให้ต้องหยุดระบบ RO และกระทบต่อกระบวนการผลิตไฟฟ้าโดยตรง ซึ่งอาจก่อให้เกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจสูงถึง 7.8 ล้านบาทต่อวัน ทั้งยังส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพของระบบไฟฟ้าภาคใต้ในภาพรวม

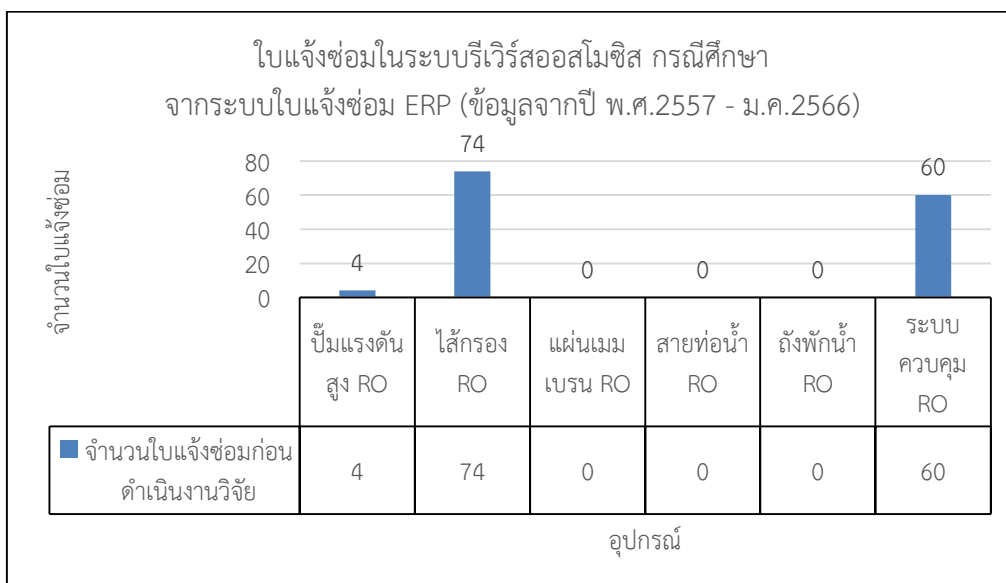
นอกจากนี้ ในกรณีที่เกิดความเสียหายรุนแรงต่อระบบรีเวิร์สออสโมซิส (RO) โรงไฟฟ้าอาจจำเป็นต้องจัดหาเครื่องผลิตน้ำบริสุทธิ์แบบเคลื่อนที่ (Mobile Demineralization Water Transportation) มาใช้งานเป็นการชั่วคราว เพื่อรองรับกระบวนการผลิตไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง ซึ่งส่งผลให้เกิดค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมสูงถึง 1 ล้านบาทต่อเดือน หรือประมาณ 12 ล้านบาทต่อปี

ทั้งนี้ จากการรวบรวมข้อมูลใบแจ้งซ่อมระบบรีเวิร์สออสโมซิส (RO) ผ่านระบบ ERP (Enterprise Resource Planning) ระหว่างวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2557 ถึง 31 สิงหาคม พ.ศ. 2566 พบว่ามีจำนวนการแจ้งซ่อมสะสมรวมทั้งสิ้น 138 รายการ โดยสามารถสรุปแนวโน้มได้ตามแผนภูมิในภาพที่ 5 ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า ปีที่มีจำนวนใบแจ้งซ่อมสูงสุดคือ พ.ศ. 2561 (45 รายการ) รองลงมาคือ พ.ศ. 2565 (44 รายการ) ขณะที่ปีที่มีจำนวนใบแจ้งซ่อมน้อยที่สุดคือ พ.ศ. 2557 (13 รายการ) แนวโน้มโดยรวมตั้งแต่ พ.ศ. 2557-2565 แสดงถึงการเพิ่มขึ้นของความถี่ในการแจ้งซ่อมอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในช่วงหลัง พ.ศ. 2561 ซึ่งสะท้อนถึงการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์เมื่อใช้งานมาเป็นระยะเวลานาน ทั้งนี้ แสดงให้เห็นถึงความจำเป็นในการวางแผนและดำเนินการบำรุงรักษาเชิงป้องกันอย่างเป็นระบบ เพื่อเพิ่มความพร้อมในการเดินเครื่อง ลดความเสี่ยงจากการหยุดกระบวนการผลิต และควบคุมต้นทุนด้านการซ่อมบำรุงในระยะยาวได้อย่างมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 5 แผนภูมิแสดงจำนวนรายการแจ้งซ่อมระบบรีเวิร์สออสโมซิส (RO) แยกตามปี พ.ศ. 2557 - 2566

โดยข้อมูลใบแจ้งซ่อมสามารถจำแนกตามประเภทอุปกรณ์หลักในระบบ RO ได้ดังแสดงในแผนภูมิตามภาพที่ 6 ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงต้นทุนด้านการซ่อมบำรุงที่อยู่ในระดับสูง รวมถึงความไม่พร้อมในการเดินเครื่องจักรอย่างต่อเนื่อง อันเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตโดยรวม ทั้งนี้จึงแสดงให้เห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนาและนำระบบบำรุงรักษาเชิงป้องกันมาใช้ เพื่อยกระดับประสิทธิภาพในการบริหารจัดการงานซ่อมบำรุง ลดความเสี่ยงจากการหยุดเดินเครื่อง และเพิ่มเสถียรภาพในการปฏิบัติงานของระบบอย่างยั่งยืน



ภาพที่ 6 แผนภูมิจำนวนการแจ้งซ่อมสะสม จำแนกตามประเภทอุปกรณ์หลักในระบบ RO

แนวทางการแก้ไขที่มีประสิทธิภาพ คือ การนำระบบบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance: PM) มาใช้กับระบบ RO โดยกำหนดมาตรฐานการตรวจสอบและซ่อมบำรุงตามรอบระยะเวลาและสภาพการใช้งานของอุปกรณ์ ซึ่งจะช่วยลดความเสียหายที่ไม่คาดคิด ยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ และเพิ่มค่าความพร้อมในการเดินเครื่อง (Machine Availability Factor: MAF) ให้สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

## 1.2 วัตถุประสงค์

1. จัดทำระบบงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบรีเวิร์สออสโมซิส
2. ค่าความพร้อมเดินเครื่องจักร (Machine Availability Factor: MAF) ของระบบรีเวิร์สออสโมซิส เท่ากับ 100%

## 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. จัดทำระบบงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบรีเวิร์สออสโมซิสของโรงไฟฟ้ากรณีศึกษา โดยดำเนินการจัดทำแบบฟอร์ม มาตรฐานการบำรุงรักษา และระบบเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมถึงระบบการแจ้งเตือน และแสดงผลในรูปแบบดิจิทัล

2. การประเมินผลหลังจากการนำระบบงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันไปปฏิบัติ โดยใช้ค่าความพร้อมเดินเครื่องจักร ของระบบรีเวิร์สออสโมซิส เป็นตัวชี้วัด ซึ่งเป็นดัชนีชี้วัดของโรงไฟฟ้ากรณีศึกษา

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถลดการหยุดกะทันหันของระบบรีเวิร์สออสโมซิส กรณีศึกษา
2. ก่อให้เกิดการพัฒนาระบบงานซ่อมบำรุงรักษาที่เป็นครั้งคราวหรือเฉพาะเหตุการณ์ สู่อะบบการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน และอยู่ในรูปแบบดิจิทัล ลดการใช้กระดาษ
3. สามารถนำไปประยุกต์ในระบบอื่น ๆ และเป็นพื้นฐานให้แก่งานบำรุงรักษาของหน่วยงานอื่น ๆ หรือระบบอื่นๆ ภายในโรงไฟฟ้า กรณีศึกษาได้

## บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1.1 การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน [1]

การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (PM) คือ กระบวนการดูแลอุปกรณ์ให้พร้อมใช้งาน โดยดำเนินการตรวจสอบ แก้ไข และเปลี่ยนชิ้นส่วนที่เสื่อมสภาพก่อนเกิดความเสียหายร้ายแรง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันปัญหาที่อาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงาน ลดโอกาสเกิดความเสียหาย และหยุดชะงักของระบบ ยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ โดยกิจกรรมหลักของ PM ประกอบด้วย การตรวจสอบและบันทึกสภาพอุปกรณ์ การซ่อมบำรุงตามระยะเวลาที่กำหนด การเปลี่ยนชิ้นส่วนที่สึกหรอก่อนเกิดปัญหา การเปลี่ยนถ่ายน้ำมันและการหล่อลื่น เป็นต้น

ตัวอย่างที่พบได้ทั่วไป เช่น การเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่องทุก 10,000 กิโลเมตร แสดงดังภาพที่ 7 หรือการตรวจเช็คระบบเบรกของรถยนต์เพื่อป้องกันปัญหาที่ก่อให้เกิดความเสียหาย เป็นต้น



ภาพที่ 7 การเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่องรถยนต์

ที่มา: AutoFun Thailand. (2564)

ความสำคัญของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน มีความสำคัญต่อกระบวนการผลิต ได้แก่

1. รองรับระบบอัตโนมัติในอุตสาหกรรม: ระบบอัตโนมัติต้องการการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอเพื่อลดความเสียหายและยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์
2. สนับสนุนการผลิตแบบทันเวลาพอดี (JIT): เครื่องจักรต้องพร้อมใช้งานตลอดเวลาเพื่อลดการหยุดชะงักของการผลิตและส่งมอบสินค้าได้ตามกำหนด
3. ลดความล่าช้าในการผลิต: หากเครื่องจักรเสียหายระหว่างการผลิต อาจทำให้การส่งมอบล่าช้า สูญเสียลูกค้า และกระทบต่อความสามารถในการแข่งขัน
4. ลดการจัดหาอุปกรณ์สำรองโดยไม่จำเป็น: การบำรุงรักษาที่ดีช่วยลดความจำเป็นในการซื้ออุปกรณ์ใหม่ ลดต้นทุนการลงทุนที่ไม่จำเป็น

5. ลดปริมาณสต็อกอะไหล่: การตรวจสอบอุปกรณ์อย่างสม่ำเสมอช่วยลดความจำเป็นในการสำรองอะไหล่จำนวนมาก

6. ยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ เช่น การปรับความตึงของสายพานเป็นประจำช่วยป้องกันการสึกหรอและลดโอกาสเกิดความเสียหาย

7. ลดการใช้พลังงาน: อุปกรณ์ที่ได้รับการดูแลดีจะทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ เช่น การเติมลมยางตามมาตรฐานช่วยลดแรงเสียดทานและประหยัดพลังงาน แสดงตัวอย่างดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 การตรวจลมยางรถยนต์

ที่มา: ไทยรัฐออนไลน์. (2563). แรงดันลมยางรถยนต์สำคัญอย่างไร. สืบค้นจาก <https://www.thairath.co.th/lifestyle/auto/1912306>

8. ปรับปรุงคุณภาพสินค้า: อุปกรณ์ที่ได้รับการดูแลอย่างดีช่วยให้กระบวนการผลิตมีความแม่นยำ ลดของเสีย และเพิ่มคุณภาพผลิตภัณฑ์

9. สร้างแนวทางการจัดการสิ่งแวดล้อมที่ดี: ส่งเสริมวัฒนธรรมองค์กรที่ให้ความสำคัญกับการดูแลอุปกรณ์และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

การบำรุงรักษาเชิงป้องกันเป็นกลยุทธ์ที่สำคัญในการดูแลรักษาอุปกรณ์และเครื่องจักรให้มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยมุ่งเน้นการตรวจสอบและบำรุงรักษาตามกำหนดเวลา เพื่อป้องกันปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต ประโยชน์หลัก ๆ ได้แก่

1. ลดความเสี่ยงของความเสียหาย: การตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอช่วยให้ตรวจพบปัญหาเล็กๆ ก่อนที่จะลุกลามใหญ่โต ลดความเสี่ยงของการหยุดทำงานที่ไม่คาดคิด

2. ยืดอายุการใช้งาน: การดูแลรักษาที่เหมาะสมช่วยให้อุปกรณ์ทำงานได้เต็มประสิทธิภาพและยาวนานขึ้น ลดค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนอุปกรณ์ใหม่

3. เพิ่มความปลอดภัย: การตรวจสอบความปลอดภัยเป็นส่วนสำคัญของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ช่วยลดความเสี่ยงของอุบัติเหตุในที่ทำงาน

4. เพิ่มประสิทธิภาพการผลิต: เครื่องจักรที่ทำงานได้อย่างราบรื่นช่วยให้กระบวนการผลิตเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ลดการสูญเสียและเพิ่มผลผลิต

5. ลดต้นทุนระยะยาว: แม้ว่าการบำรุงรักษาเชิงป้องกันจะมีค่าใช้จ่ายในระยะสั้น แต่ในระยะยาว ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมและการหยุดทำงานที่ไม่คาดคิดได้อย่างมาก

6. การจัดการอะไหล่ที่มีประสิทธิภาพ: เมื่อมีการวางแผนการบำรุงรักษา จะทำให้การจัดการอะไหล่เป็นระบบมากขึ้น ลดการสต็อกอะไหล่ที่ไม่จำเป็น

การบำรุงรักษาเชิงป้องกันจึงเป็นการลงทุนที่คุ้มค่า สำหรับทุกองค์กรที่ต้องการรักษาประสิทธิภาพและความปลอดภัยในการทำงาน

การบำรุงรักษาเชิงป้องกันมีหลากหลายรูปแบบ แต่ละรูปแบบมีจุดประสงค์และวิธีการที่แตกต่างกันไป ดังนี้

1. การบำรุงรักษาตามระยะเวลา (Time-based Preventive Maintenance): เป็นการบำรุงรักษาตามกำหนดเวลาที่แน่นอน เช่น ทุกสัปดาห์ ทุกเดือน หรือทุกปี เหมาะสำหรับอุปกรณ์ที่มีการเสื่อมสภาพตามเวลา

2. การบำรุงรักษาตามปริมาณการใช้งาน (Usage-based Preventive Maintenance): เป็นการบำรุงรักษาตามปริมาณการใช้งานของอุปกรณ์ เช่น ทุกๆ 1,000 ชั่วโมงทำงาน หรือทุกๆ 10,000 กิโลเมตร เหมาะสำหรับอุปกรณ์ที่มีการเสื่อมสภาพตามการใช้งาน

3. การบำรุงรักษาเชิงคาดการณ์ (Predictive Maintenance): เป็นการใช้เทคโนโลยีเพื่อตรวจสอบสภาพของอุปกรณ์และคาดการณ์เวลาที่อุปกรณ์จะเกิดปัญหา เหมาะสำหรับอุปกรณ์ที่มีความสำคัญและมีค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมสูง

4. การบำรุงรักษาตามสภาพ (Condition-based Maintenance): เป็นการบำรุงรักษาโดยการตรวจสอบสภาพของเครื่องจักรอย่างสม่ำเสมอ แล้วจึงทำการบำรุงรักษาเมื่อตรวจพบถึงความผิดปกติ

5. วิศวกรรมความน่าเชื่อถือ (Reliability Engineering): เป็นการวิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการบำรุงรักษาโดยรวม เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ ลดความเสี่ยงของการหยุดทำงาน และเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตในระยะยาว

รายละเอียดเพิ่มเติม

- งานประจำ (Routine Maintenance): เป็นขั้นตอนพื้นฐานของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ประกอบด้วย การตรวจสอบ การทำความสะอาด การหล่อลื่น และการปรับแต่งอุปกรณ์อย่างสม่ำเสมอ เพื่อป้องกันปัญหาเล็ก ๆ น้อย ๆ ก่อนที่จะลุกลามใหญ่โต การตรวจสอบการเสื่อมสภาพซึ่งสามารถทำการซ่อมผ่านการวางแผน และระบบตารางใบสั่งงาน ตารางงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่างงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

ชนิดของงาน	ตัวอย่างงาน
1. การตรวจสอบ 2. การบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ 3. การทำความสะอาด 4. การกวดขันแน่น 5. การทำงาน 6. การปรับแต่ง 7. การอ่าน 8. การหล่อลื่น 9. การเปลี่ยนตามตาราง 10. การสัมภาษณ์พนักงานผู้ควบคุมเครื่องจักร 11. การวิเคราะห์	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ค้นหาการรั่วไหลของน้ำมันไฮดรอลิกส์</li> <li>• การใช้เครื่องมือพิเศษตรวจหาความสั่นสะเทือนของเพลลา</li> <li>• ขจัดฝุ่นออกจากเครื่องจักร</li> <li>• ขันแน่นโบลต์</li> <li>• ควบคุมความร้อนที่เครื่องฉีดพลาสติกให้ทำงานปกติ</li> <li>• ปรับแต่งความตึงของสายพาน</li> <li>• อ่านบันทึกของกระแสไฟฟ้าเป็นแอมแปร์</li> <li>• เปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่นทุก 5,000 หรือ 10,000 กิโลเมตร</li> <li>• ถอดและเปลี่ยนปั๊มทุก ๆ 5 ปี</li> <li>• ถามพนักงานผู้ควบคุมเครื่องจักรเกี่ยวกับการทำงานของเครื่องจักร</li> <li>• วิเคราะห์ประวัติการปฏิบัติงานของเครื่องจักร</li> </ul>

- การทดแทนในเชิงรุก (Proactive Replacement): เป็นการเปลี่ยนชิ้นส่วนอุปกรณ์ก่อนที่จะเสื่อมสภาพหรือเสียหาย เพื่อป้องกันการหยุดทำงานที่ไม่คาดคิดและลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซม

- การบำรุงรักษาตามสภาพ (Condition-based Maintenance): เป็นการใช้เซ็นเซอร์และเทคโนโลยีการตรวจสอบเพื่อติดตามสภาพของอุปกรณ์แบบเรียลไทม์ และทำการบำรุงรักษาเมื่อจำเป็นเท่านั้น ช่วยลดการบำรุงรักษาที่ไม่จำเป็นและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน

การเลือกชนิดของการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่เหมาะสมจะช่วยให้องค์กรสามารถลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เมื่ออุปกรณ์ เครื่องจักรขัดข้อง จะนำมาซึ่งความสูญเสียหลายประการ ได้แก่

1. ความสูญเสียด้านปฏิบัติการ: ตั้งแต่การแจ้งเหตุ, การรอคอย, การซ่อมแซม, และการเริ่มระบบใหม่

2. ค่าใช้จ่ายโดยตรง: ทั้งค่าซ่อมและค่าเปลี่ยนอะไหล่

3. ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา: (นอกเหนือจากค่าซ่อม) เช่น ค่าเดินทางของช่างเทคนิค

4. ผลกระทบทางธุรกิจ: การผลิตหรือการขายที่หยุดชะงัก

5. ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุ: การจัดการของเสียจากการซ่อมบำรุง

ประเภทของความเสียหาย:

1. ความเสียหายเบื้องต้น: เกิดจากปัจจัยภายนอก เช่น ไฟฟ้าเกินในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
  2. ความเสียหายที่ไม่คาดการณ์: เกิดขึ้นเป็นครั้งคราว ตรวจจบบยาก มักเป็นปัญหาเชิงวิศวกรรม
  3. ความเสียหายจากการใช้งานผิดพลาด: แก้ไขได้ด้วยการฝึกอบรม
  4. การสึกหรอตามปกติ: ป้องกันได้ด้วยการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน
- ความเสียหายที่ไม่คาดการณ์และความเสียหายจากการใช้งานผิดพลาด โดยทั่วไปไม่สามารถป้องกันได้ด้วยโปรแกรมบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์หรือเชิงป้องกัน

กิจกรรมบำรุงรักษาที่มีความเสี่ยงหลากหลายด้าน ได้แก่

1. อันตรายด้านความปลอดภัย:
  - ทางกล: จากเครื่องมือและอุปกรณ์การผลิต
  - ทางไฟฟ้า: จากอุปกรณ์ที่ยังมีกระแสไฟฟ้าหรือพลังงานอื่น ๆ
  - จากระบบพลังงาน: เช่น นิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์
  - จากสภาวะแวดล้อม: ความร้อน การเผาไหม้ การลื่นล้ม (พื้นผิว ที่สูง)
2. อันตรายต่อสุขภาพ:
  - จากสารเคมี: ไอระเหย ฝุ่น สารละลาย และสารเคมีอื่น ๆ
  - ทางกายภาพ: เสียงดัง การสั่นสะเทือน
3. อันตรายทางกายศาสตร์:
  - ชีวกลศาสตร์: การยกของหนัก การเคลื่อนย้ายวัสดุ ท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสม
  - การออกแบบงาน/กระบวนการ: เครื่องมือไม่เหมาะสม พื้นที่เข้าถึงยาก อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลไม่พอ ขั้นตอนการทำงานซับซ้อน

อันตรายเหล่านี้มักแฝงอยู่ในกระบวนการผลิตและผังโรงงาน การระบุความเสี่ยงที่แท้จริงระหว่างการทำบำรุงรักษาจึงต้องอาศัยการตรวจสอบกระบวนการ, ผังโรงงาน, และการใช้อุปกรณ์ตัวอย่างเช่น การทำงานในพื้นที่จำกัดเพิ่มความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บสาหัสและการสัมผัสสารเคมี/อันตรายทางกายภาพ การปรับปรุงสภาพเครื่องจักร, อุปกรณ์, และพื้นที่ทำงานจึงเป็นสิ่งสำคัญในการลดความเสี่ยง

การจัดการอันตรายในงานบำรุงรักษาควรเริ่มต้นตั้งแต่ขั้นตอนการวางแผน โดยพิจารณาหลักการดังนี้:

1. การเลือกกระบวนการ: พิจารณาความปลอดภัยในการเข้าถึง การรื้อถอน ความจำเป็นในการใช้อุปกรณ์ยก/ป้องกันส่วนบุคคล และอันตรายจากงานทำความสะอาดในพื้นที่เสี่ยง เพื่อเลือกกระบวนการที่ปลอดภัยที่สุด
2. การเลือกอุปกรณ์: อ้างอิงข้อมูลผู้ผลิต ความสะดวกในการเข้าถึง/ถอดรื้อ ความซับซ้อนในการซ่อม ความถี่การหล่อลื่น การประสานงานกับผู้จัดการ และความพร้อมใช้งานของอะไหล่/บริการ
3. การพัฒนากรรมวิธี: จัดทำขั้นตอนการทำงานที่ชัดเจน รวมถึง:
  - การควบคุมพลังงานอันตราย (Lockout/Tagout)

- การระบุอันตราย
- การเลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลที่เหมาะสม
- ขั้นตอนการถอด/ประกอบอุปกรณ์ (เล็ก/ใหญ่)
- การจัดการอันตรายเฉพาะหน้างาน (พื้นที่จำกัด งานเชื่อม การรื้อถอนฉนวน การทำความสะอาด การใช้สารเคมี/อุปกรณ์เคลื่อนย้าย/บันได การทาสี การติดตั้ง/ถอดนั่งร้าน)
- การทดสอบเพื่อยืนยันความปลอดภัยของกระบวนการ และการบันทึกกิจกรรมบำรุงรักษาอย่างละเอียด

4. การฝึกอบรม: พนักงานบำรุงรักษาต้องได้รับการฝึกอบรมในหัวข้อ:

- การระบุอันตราย
- การใช้อุปกรณ์/เครื่องมือ/อุปกรณ์ป้องกันอย่างถูกต้อง
- การปฐมพยาบาลและการช่วยชีวิตเบื้องต้น
- อันตรายจากสารเคมีและการควบคุม
- การตรวจสอบอุปกรณ์ป้องกันการตกจากที่สูง
- การจัดการความเครียดจากการทำงาน

การส่งเสริมการสื่อสารและอภิปรายเกี่ยวกับอันตรายในการทำงานประจำวัน เพื่อให้พนักงานคุ้นเคยกับกระบวนการและสามารถแก้ไขสภาพที่ไม่ปลอดภัยได้

ขั้นตอนสำหรับการเริ่มต้นโปรแกรมการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Steps for Starting a Preventive Maintenance Program)

1. ทำทะเบียนอุปกรณ์: รวบรวมข้อมูลและประเมินค่าใช้จ่ายของเครื่องจักรหลัก เพื่อเป็นฐานข้อมูลในการวางแผนและตัดสินใจเปลี่ยนอุปกรณ์
2. กำหนดตารางบำรุงรักษา: อ้างอิงคู่มือผู้ผลิตเพื่อกำหนดความถี่และกิจกรรมบำรุงรักษาเชิงป้องกันสำหรับอุปกรณ์และสินทรัพย์ทั้งหมด โดยอาจใช้ระบบคอมพิวเตอร์ช่วยจัดการ
3. สำรวจพื้นที่: กำหนดขอบเขตการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ครอบคลุมทั้งเครื่องจักร, อาคาร, สิ่งอำนวยความสะดวก, และพื้นที่สนับสนุนการผลิต
4. ระบุงานและความถี่: ศึกษาคู่มือผู้ผลิตเพื่อกำหนดลักษณะงานและความถี่ในการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน แยกแยะงานที่ผู้ควบคุมเครื่องจักรและช่างบำรุงรักษาต้องรับผิดชอบ
5. สร้างแผนภาระงาน: กำหนดปริมาณงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่ต้องดำเนินการในแต่ละสัปดาห์หรือแต่ละเดือน เพื่อให้เห็นภาพรวมของภาระงาน
6. ประเมินกำลังคน: คำนวณเวลาทำงานจริงของบุคลากรฝ่ายบำรุงรักษาต่อสัปดาห์ เพื่อวางแผนการมอบหมายงาน
7. จัดทำตารางปฏิบัติงาน: สร้างตารางบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่สอดคล้องกับกำลังคนและช่วงเวลาที่เหมาะสม (เช่น บำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศก่อนฤดูร้อน)
8. สร้างระบบแจ้งเตือนงาน: ใช้ระบบปฏิทินสำหรับงานขนาดเล็ก หรือระบบคอมพิวเตอร์สำหรับงานขนาดใหญ่ เพื่อแจ้งเตือนการสร้างใบสั่งงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

9. กำหนดเกณฑ์การบำรุงรักษา: ใช้เกณฑ์ตามระยะเวลา (เช่น ทุกเดือน, ทุก 3 เดือน) หรือเกณฑ์ตามการใช้งาน (เช่น ทุกระยะทางที่กำหนด) ในการวางแผนการบำรุงรักษา

ระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance System) รวมไว้ซึ่งรายละเอียด ดังนี้

1. บันทึกการเก็บระบบแนวทางการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ความเสียหาย และการใช้ประโยชน์จากอุปกรณ์ ส่วนของงานในการบำรุงรักษาเชิงป้องกันจะสร้างพื้นฐานสำหรับการวิเคราะห์กิจกรรมอื่น ๆ

2. ทุกชนิดของกิจกรรมต่าง ๆ ของการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ กิจกรรมต่าง ๆ เหล่านี้รวมถึงทั้งการใช้สามัญสำนึกของมนุษย์ในการตรวจสอบ และการใช้เครื่องมือสำหรับทำการวัด และอ่านค่าจากการวัด การตรวจสอบผลิตภัณฑ์ด้านคุณภาพ การรวมเข้าด้วยกันของการบำรุงรักษาเชิงป้องกันด้วยการบันทึกข้อมูลทั้งหมดด้านสถิติ และการวิเคราะห์แนวโน้ม

3. การซ่อมเล็กน้อย หรือการซ่อมระยะสั้น ซึ่งหมายถึงการซ่อมให้เสร็จสมบูรณ์ในระยะเวลาสั้น และช่วยส่งเสริมสนับสนุนเพื่อเพิ่มผลผลิต เพราะว่าทำให้เสียเวลาน้อยซึ่งสามารถเขียนบันทึกไว้ในประวัติของเครื่องจักรอุปกรณ์

4. การเขียนรายงานเกี่ยวกับสภาพเครื่องจักรอุปกรณ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกิจกรรมนี้เพื่อการเขียนรายการในการปฏิบัติการแก้ไขในใบสั่งงาน

5. การจัดทำตารางการทำงาน บัตรบันทึกการบำรุงรักษาอุปกรณ์ ดังแสดงในตารางที่ 2 และการทำการซ่อมแก้ไขเหล่านี้ การเขียนโดยผู้ตรวจสอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันภายในกรอบเวลาอย่างมีเหตุผลก่อนที่เครื่องจักรอุปกรณ์จะเสียหาย

6. การรักษากระบวนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน และการทำให้ดีขึ้นในรายละเอียดของงานและความถี่ของงาน วิธีหนึ่งซึ่งจะทำให้บรรลุผลในการทำงานนี้โดยการใช้ความถี่ และความเสียหายอย่างหนักของอุปกรณ์เพื่อทำให้ดีขึ้นในรายละเอียดของงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

7. การบริหารจัดการ และการสืบหาแนวโน้มอย่างเปิดเผยโดยการตรวจสอบ

8. การฝึกอบรมอย่างต่อเนื่อง และการยกระดับทักษะของผู้ทำการตรวจสอบ การปรับปรุงเทคโนโลยีในการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

#### ขั้นตอนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Step to Preventive Maintenance)

1. เตรียมการและเก็บข้อมูล
2. วิเคราะห์ข้อมูล
3. กำหนดมาตรฐาน
4. จัดทำแผน
5. ควบคุมและวัดผล

ตารางที่ 2 ตัวอย่างของบัตรบันทึกการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
หมายเลขอุปกรณ์.....				คำอธิบาย เครื่องกลึง ที่ตั้งแผนก.....							
การบำรุงรักษาเชิงป้องกันกระทำโดย.....											
รายการ	งานที่ต้องทำ		วิธีการทำความสะอาดและหล่อลื่น		ความถี่		เวลา				
1	แทนหัวเครื่องกลึง		แปรงขนอ่อนและผ้า		หลังการใช้งาน						
	ก้านโยกปรับเปลี่ยนความเร็ว		แปรงขนอ่อนและผ้า		หลังการใช้งาน						
	ช่องน้ำมันหล่อลื่น		สังเกต		ทุก 3 เดือน						
2	หัวจับชิ้นงาน		แปรงขนอ่อน		หลังการใช้งาน						
	ปากจับชิ้นงาน		แปรงขนอ่อน		หลังการใช้งาน						
	เกลียวภายในหัวจับชิ้นงาน		แปรงขนอ่อน		หลังการใช้งาน						
3	ชุดปรับเปลี่ยนการป้อนและกลึงเกลียว		แปรงขนอ่อนและผ้า		หลังการใช้งาน						
	ก้านโยกปรับเปลี่ยนความเร็ว		แปรงขนอ่อนและผ้า		หลังการใช้งาน						
	ช่องน้ำมันหล่อลื่น		สังเกต		ทุก 3 เดือน						
4	แทนท้ายศูนย์		แปรงขนอ่อนและผ้า		หลังการใช้งาน						
	กระบอกแทนท้ายศูนย์		หล่อลื่น		ก่อนและหลังการใช้งาน						
	ฐานแทนท้ายศูนย์		หล่อลื่น		ก่อนและหลังการใช้งาน						
5	สะพานแทนเครื่อง		แปรงขนอ่อนและหล่อลื่น		ก่อนและหลังการใช้งาน						
	รางสะพานแทนเครื่อง		แปรงขนอ่อนและหล่อลื่น		ก่อนและหลังการใช้งาน						
6	ชุดเอพรอน		แปรงขนอ่อนและหล่อลื่น		ก่อนและหลังการใช้งาน						
	แทนเลื่อนขวาง		แปรงขนอ่อนและหล่อลื่น		ก่อนและหลังการใช้งาน						
	ชุดป้อนมีด		แปรงขนอ่อนและหล่อลื่น		ก่อนและหลังการใช้งาน						
	ช่องน้ำมันหล่อลื่น		สังเกต		ทุก 3 เดือน						

การปรับปรุงการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Improving Preventive Maintenance)

- ตระหนักถึงปัญหา: ยอมรับผลกระทบด้านค่าใช้จ่ายและการดำเนินงานจากการไม่ทำ PM (เช่น ต้นทุนขนส่งสูง, การหยุดผลิตนอกแผน, ค่าอะไหล่แพง, OT มาก, พลาดส่งมอบ)
- สร้างนโยบาย PM ที่ชัดเจน: กำหนดขอบเขต PM, ระบุบทบาทหน้าที่ของทุกฝ่ายในการสนับสนุน PM

3. ได้รับการยอมรับและการสนับสนุน: สื่อสารความสำคัญ, ให้การสนับสนุนด้านทรัพยากร และการเข้าถึงอุปกรณ์, มุ่งมั่นตรวจสอบและติดตามผล
4. จัดทำทะเบียนอุปกรณ์: รวบรวมข้อมูลสำคัญของอุปกรณ์ (รุ่น, ชนิด, ตำแหน่ง, หมายเลข, สิทธิทรัพย์, อะไหล่, ประวัติการปรับปรุง/แก้ไข, วันที่ผลิต)
5. กำหนดประเภท PM และความสำคัญ: แยกแยะงาน PM ระหว่างผู้ปฏิบัติงานและช่างบำรุงรักษา, จัดลำดับความสำคัญของอุปกรณ์ที่มีผลกระทบสูง, พิจารณาแนวทางการแก้ไข (PM หรือ ออกแบบใหม่)
6. พัฒนา Checklist และแผน PM: ฝึกอบรมบุคลากร (ภายใน/ภายนอก), สร้างรูปแบบที่สอดคล้องกัน, ระบุเวลาปฏิบัติงาน/หยุดเครื่อง, ขอ Feedback เพื่อปรับปรุง, กำหนดเกณฑ์การตรวจสอบ (ผ่าน/ไม่ผ่าน), กำหนดแนวทางการแก้ไขเมื่อพบปัญหา
7. สร้างงาน PM และใบสั่งงาน: สร้างแบบฟอร์มใบสั่งงาน (อาจใช้ CMMS), จัดตาราง PM ให้สอดคล้อง
8. พัฒนากำหนดการ PM (ตามความถี่): อ้างอิงคำแนะนำผู้ผลิตและประวัติความเสียหาย, ปรับความถี่ตามสภาพอุปกรณ์
9. เก็บบันทึกประวัติและวิเคราะห์: สร้างระบบบันทึก Feedback, ติดตามผลการดำเนินงาน เพื่อปรับปรุง
10. พัฒนาระบบการรายงาน: วิเคราะห์ผล PM, กำหนดตัวชี้วัด (KPIs) เช่น %PM ต่อ ชั่วโมงบำรุงรักษาทั้งหมด, %การปฏิบัติตามแผน PM, MTBF ของอุปกรณ์สำคัญ
11. ดำเนินการปรับปรุง PM อย่างต่อเนื่อง: ส่งเสริมการมีส่วนร่วมของพนักงาน, มอบหมายงานให้ผู้มีประสบการณ์

การปรับปรุงงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันเป็นงานที่อาจลำบากใจ กระบวนการของงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่ใช้กันอยู่ในโรงงานอาจมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องกันมาเป็นเวลาหลายปี กระบวนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่ใช้อยู่ในปัจจุบันอาจยากในการจัดระเบียบ และทำการวิเคราะห์ที่ไหนที่เป็นจุดเริ่มต้นในการปรับปรุงการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน งานบำรุงรักษาเชิงป้องกันจะถูกแบ่งออกไปตามแผนกต่าง ๆ โดยมีรายการสำหรับตรวจสอบของงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน โดยอาจมอบหมายหน้าที่ให้พนักงานผู้ควบคุมเครื่องจักร พนักงานฝ่ายบำรุงรักษาด้านไฟฟ้า เครื่องกล และเครื่องมือวัดเพื่อทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

ในการปรับปรุงงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะเริ่มต้นในการค้นหาอุปกรณ์อะไรที่จำเป็นในแต่ละแผนกซึ่งไม่ต้องใช้เวลามาก ตัวอย่างเช่น รายการละเอียดของการตรวจสอบ และทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของมอเตอร์กระแสสลับ ดังกิจกรรมในภาพที่ 9



ภาพที่ 9 ตัวอย่างกิจกรรมการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของมอเตอร์กระแสสลับ  
ที่มา: *Fluke Corporation. (2024). Vibration Testing Equipment.*  
*Retrieved March 9, 2025, from <https://www.fluke.com/>*

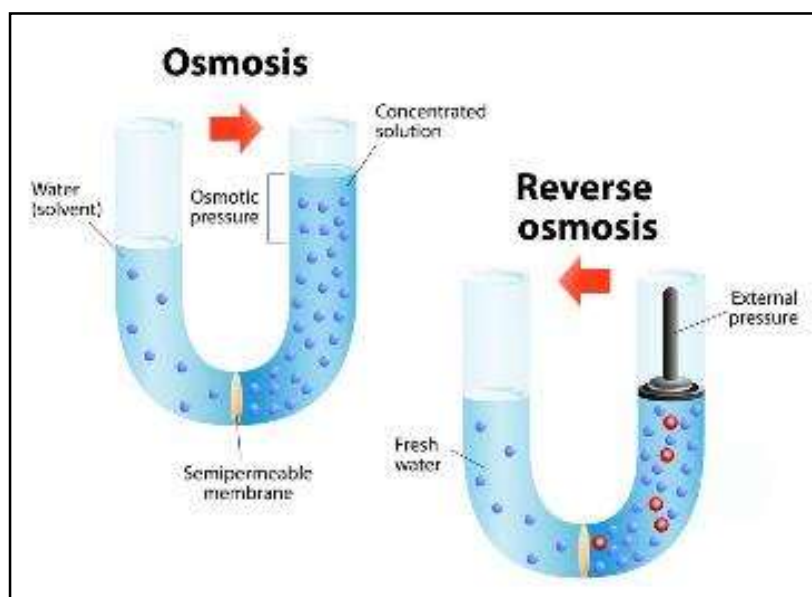
การบำรุงรักษาเชิงป้องกันมอเตอร์ (ตัวอย่างกิจกรรม): การบำรุงรักษาเชิงป้องกันมอเตอร์ ประกอบด้วย การตรวจสอบเบื้องต้นขณะเดินเครื่อง ได้แก่ อุณหภูมิ เสียง การสั่นสะเทือน ความแน่นของโบลต์และฐาน ระบบระบายความร้อน และทำความสะอาดภายนอกตามความเหมาะสม รวมทั้งตรวจสอบสภาพแปรปรวนตามรอบ PM โดยใช้เครื่องมือวัดความสั่นสะเทือนและความร้อน เมื่อหยุดเครื่องตามแผนการผลิต จะตรวจสอบและทำความสะอาดขดลวดภายใน วัตต์กระแสไฟฟ้า ความต้านทานขดลวด และวิเคราะห์ค่าความสั่นสะเทือน พร้อมทั้งหล่อลื่นตามกำหนด โดยผู้ปฏิบัติงานรับผิดชอบตรวจสอบเบื้องต้น ทำความสะอาดภายนอก และรายงานความผิดปกติ ส่วนช่างบำรุงรักษาจะดำเนินการตรวจสอบเชิงลึก วัดค่าทางเทคนิค วิเคราะห์ผล และหล่อลื่นตามรอบที่กำหนด

โดยสรุป การบำรุงรักษาเชิงป้องกันเป็นการดูแลเครื่องจักรอุปกรณ์ ตลอดจนสิ่งก่อสร้าง สิ่งอำนวยความสะดวก และสิ่งสนับสนุนในการผลิตต่างๆ เพื่อคงสภาพให้พร้อมในการใช้งานอย่างเต็มประสิทธิภาพเท่าที่จะทำได้เพื่อผลิตสินค้า และการบริการให้เป็นที่ยอมรับของลูกค้า ซึ่งการบำรุงรักษาเชิงป้องกันมีกิจกรรมต่าง ๆ มากมายที่ครอบคลุมถึงพนักงานทุกคนที่อยู่ในโรงงานในการทำกิจกรรมร่วมกัน

## 2.2 ทฤษฎี หลักการของระบบรีเวิร์สออสโมซิส (Reverse Osmosis - RO) [2], [3], [4]

รีเวิร์สออสโมซิส (Reverse Osmosis: RO) เป็นเทคโนโลยีการกรองน้ำบริสุทธิ์ที่ใช้เยื่อเลือกผ่าน (Semipermeable Membrane) ร่วมกับแรงดันสูงเพื่อเอาชนะแรงดันออสโมติก โดยมีหลักการทำงานคือ การแยกตัวถูกละลาย (Solute) ออกจากตัวทำละลาย (Solvent) ผ่านเมมเบรนที่มีคุณสมบัติเฉพาะในการยอมให้เฉพาะโมเลกุลของน้ำซึมผ่าน ขณะที่โมเลกุลขนาดใหญ่หรือไอออนต่างๆ จะถูกกักไว้ กระบวนการนี้ตรงกันข้ามกับออสโมซิสปกติ ซึ่งตัวทำละลายจะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีความเข้มข้นต่ำไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นสูงเพื่อให้เกิดสมดุล ส่วนในระบบ RO จะใช้แรงดันภายนอกบังคับให้ตัวทำละลายเคลื่อนที่ในทิศทางตรงกันข้าม ทำให้ได้น้ำบริสุทธิ์ในฝั่ง Permeate

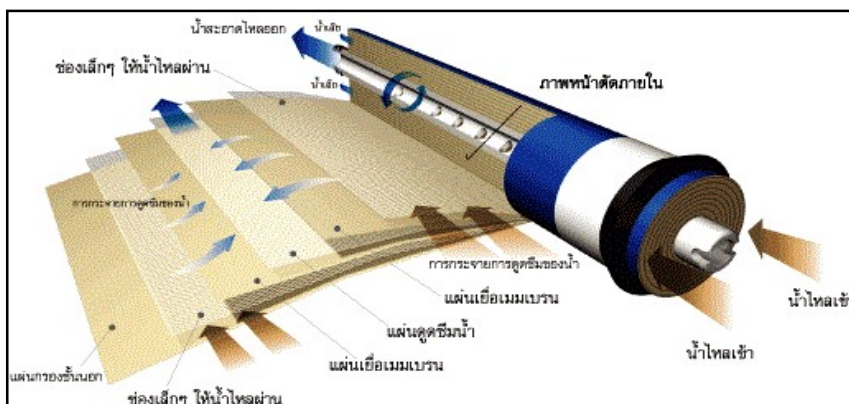
ระบบ RO ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในทั้งอุตสาหกรรมและการผลิตน้ำดื่ม โดยประสิทธิภาพของกระบวนการขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารละลาย แรงดันใช้งาน และอัตราการไหลของน้ำ (Water Flux Rate) ซึ่งแตกต่างจากการกรองทั่วไปที่อาศัยกลไกการดักจับเชิงกายภาพเพียงอย่างเดียว แสดงดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 ปฏิกิริยาออสโมซิส และรีเวิร์สออสโมซิส

ที่มา: VectorMine. (2021). Osmosis and reverse osmosis process diagram [Illustration]. Shutterstock. Retrieved March 9, 2025, from <https://www.shutterstock.com/image-vector/osmosis-reverse-process-diagram->

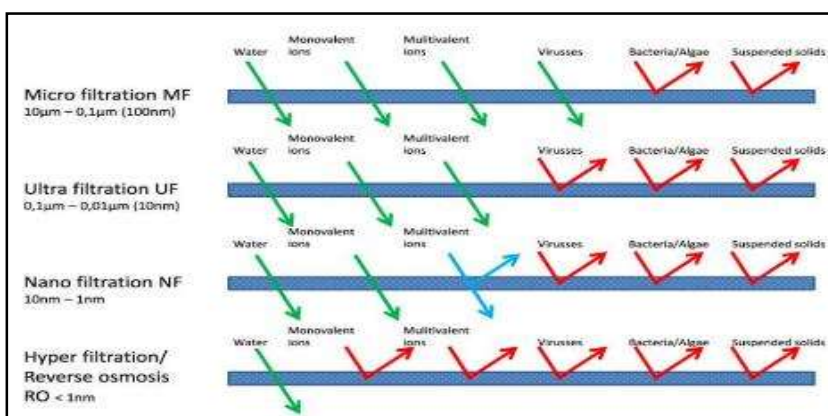
ระบบรีเวิร์สออสโมซิส (Reverse Osmosis: RO) ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก ได้แก่ เมมเบรน (Membrane Element) ซึ่งถูกจัดเรียงอยู่ในท่อแรงดัน (Pressure Vessel) โดยมีปั๊มแรงดันสูง (High Pressure Pump) ทำหน้าที่เพิ่มแรงดันให้น้ำเข้าสู่ระบบเพื่อเอาชนะแรงดันออสโมติก กระบวนการกรองเป็นแบบไหลผ่านขวาง (Cross-Flow Filtration) ซึ่งช่วยรักษาสมดุลของแรงดันออสโมติกบริเวณด้านน้ำเข้มข้น (Concentrate) และลดการสะสมของสารละลายบริเวณผิวเมมเบรน ทำให้กระบวนการกรองมีประสิทธิภาพและยืดอายุการใช้งานของเมมเบรน แสดงดังภาพที่



ภาพที่ 11 RO Membrane element

ที่มา: บริษัท ดับบลิว เอช เอ อินดัสเตรียล ดีเวลลอปเม้นท์ จำกัด (มหาชน). (ม.ป.ป.). ระบบการกรองน้ำแบบรีเวิร์สออสโมซิส. สืบค้นจาก <https://www.whai.co.th>

เทคโนโลยีเมมเบรนถูกนำมาใช้ในกระบวนการผลิตน้ำบริสุทธิ์อย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นกระบวนการที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยใช้สารเคมี พื้นที่ติดตั้ง และพลังงานไฟฟ้าน้อยเมื่อเทียบกับกระบวนการแบบดั้งเดิม ปัจจุบันมีการพัฒนาเมมเบรนให้มีต้นทุนการผลิตต่ำลง และสามารถใช้งานได้ อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น หลักการทำงานของเมมเบรนคือ การใช้แรงดันดันของเหลวผ่านแผ่นกรองที่มีรูพรุนขนาดเล็ก ซึ่งสามารถกักอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่ารูพรุนไว้ได้ ในขณะที่อนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่าสามารถผ่านไปได้ เมมเบรนที่มีประสิทธิภาพในการกรองสูงสุดคือ เมมเบรนแบบรีเวิร์สออสโมซิส (Reverse Osmosis: RO) ซึ่งสามารถกรองได้ถึงระดับไอออน นอกจากนี้ยังมีเมมเบรนประเภทอื่น ๆ ที่ใช้ในการกรองอนุภาคขนาดต่าง ๆ ตามลำดับ ได้แก่ เมมเบรนแบบนาโนฟิลเตรชัน (Nano Filtration: NF), อัลตราฟิลเตรชัน (Ultrafiltration: UF) และไมโครฟิลเตรชัน (Micro Filtration: MF) ซึ่งสามารถจำแนกตามลำดับขนาดของอนุภาคที่สามารถกรองได้ แสดงดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 ขนาดรูพรุนของการกรองแต่ละชนิด และความสามารถในการกรอง  
ที่มา: Lenntech. (ม.ป.ป.). Membrane filtration processes. สืบค้นจาก <https://www.lenntech.com/membrane-filtration.htm>

## 2.3 ทฤษฎีโปรแกรม

### 2.3.1 Google Sites [5]

ปัจจุบันการสร้างเว็บไซต์มีหลายวิธี ตั้งแต่การเขียนโค้ด (HTML, PHP) ไปจนถึงระบบ CMS เช่น WordPress, Joomla, Drupal หรือซอฟต์แวร์สำเร็จรูปอย่าง Adobe Dreamweaver ซึ่งมักต้องมีค่าใช้จ่ายด้าน Hosting และ Domain Name

Google Sites เป็นทางเลือกฟรีที่ช่วยให้สร้างเว็บไซต์ได้ง่าย พร้อม Hosting และ Domain Name ฟรี มีคุณสมบัติเด่น เช่น การเพิ่มโลโก้และแบนเนอร์ ปรับแต่ง Layout รองรับการฝังโค้ดจาก YouTube, Google Maps และไฟล์จาก Google Drive อย่างไรก็ตาม Google Sites มีข้อจำกัด เช่น ไม่รองรับ CSS ที่กำหนดเอง ใช้สคริปต์ภายนอกได้น้อย และต้องใช้อินเทอร์เน็ตตลอดเวลา

### 2.3.2 Google Form [6]

Google Form เป็นเครื่องมือสร้างแบบสอบถามออนไลน์ฟรี รองรับการสำรวจความคิดเห็น ลงทะเบียน หรือเก็บข้อมูลได้สะดวก ใช้งานผ่านเว็บเบราว์เซอร์โดยไม่ต้องติดตั้งโปรแกรม รองรับการบันทึกข้อมูลอัตโนมัติลง Google Drive และแชร์ให้ผู้อื่นตอบแบบสอบถามได้ง่าย

### 2.3.3 Google Sheets [7]

Google Sheets เป็น Spreadsheet ออนไลน์ที่ทำงานคล้าย Microsoft Excel สามารถสร้างตารางคำนวณ ใส่สูตร Pivot Table และกราฟ รองรับการทำงานร่วมกันแบบเรียลไทม์ และแชร์เอกสารได้ง่าย สามารถเชื่อมโยงกับ Power BI หรือ Google Data Studio รวมถึงติดตั้ง Add-ons เพื่อเพิ่มฟีเจอร์พิเศษ

### 2.3.4 Google Data Studio [8]

Google Data Studio เป็นเครื่องมือ Data Visualization ฟรีที่ช่วยสร้างรายงานจากแหล่งข้อมูล เช่น Google Analytics รองรับการปรับแต่ง Dashboard เลือกรูปแบบกราฟ และตั้งค่าการแสดงผลแบบเจาะจง สามารถเชื่อมต่อกับข้อมูลแบบเรียลไทม์ และรองรับการใช้งานร่วมกับแหล่งข้อมูลมากกว่า 200 แหล่ง

### 2.3.5 Line Notify [9]

Line Notify เป็น API สำหรับแจ้งเตือนข้อความไปยังบัญชี Line ส่วนตัวหรือกลุ่ม ขั้นตอนใช้งานเริ่มจากเพิ่ม Line Notify เป็นเพื่อน แล้วเข้าสู่ระบบที่ <https://notify-bot.line.me/th/> จากนั้นสร้าง Access Token เพื่อใช้แจ้งเตือนข้อมูลจากระบบต่าง ๆ แบบอัตโนมัติ

## 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัย สารนิพนธ์ บทความทางวิชาการ และวิทยานิพนธ์ที่เกี่ยวข้องกับงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ได้แก่

### 1.อดิวัฒน์ กิริติอมรลักษณ์ [10]

ศึกษาปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องเป่าพลาสติกในโรงงานผลิตขวดและแกลลอนพลาสติก โดยวิเคราะห์สาเหตุการหยุดเครื่องจักรกะทันหัน แล้วดำเนินกิจกรรมบำรุงรักษาด้วยตนเองและเชิงป้องกัน พร้อมจัดทำแผนบำรุงรักษา ใช้ดัชนี OEE และ MTBF ในการวัดผล พบว่า OEE ของเครื่อง

BG2 เพิ่มจาก 73.67% เป็น 91.63% และ MTBF เพิ่มจาก 487 นาที เป็น 1,212 นาที (เพิ่มขึ้น 150%)

## 2. รักน้อย อัครรุ่งเรืองกุล และศศิวิมล จันทร์งษ์ [11]

พัฒนาแบบฟอร์มและระบบเอกสารบำรุงรักษาเชิงป้องกันของโรงไฟฟ้าที่ผลิตยางในรถจักรยานและจักรยานยนต์ เพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์หาปัญหา ผลการประเมินพบว่า เวลาหยุดเครื่องเฉลี่ยลดลง 66.44%, MTBF เพิ่มขึ้น 191.56%, MTTR เพิ่มขึ้น 13.54% และอัตราการเดินเครื่องเพิ่มขึ้น 6.78%

## 3. บัณฑิต อินทรีย์มีศักดิ์ และคณะ [12]

ลดการขัดข้องในสายการผลิตเบาะรถยนต์ โดยวิเคราะห์ปัญหาและใช้บำรุงรักษาเชิงป้องกัน ผลคือ Machine Availability เพิ่มจาก 87.86% เป็น 96.98%, MTTR ลดลงจาก 121 เป็น 57 ชั่วโมง/เดือน, MTBF เพิ่มจาก 878.6 เป็น 1,920 ชั่วโมง และมูลค่าการสูญเสียลดลงจาก 50,670 เป็น 34,050 บาทต่อเดือน

## 4. สุพัฒน์ วงศ์จิรัฐติกาล และสุทัศน์ รัตนเกื้อกั้วาน [13]

ปรับปรุงระบบ PM ของโรงงานผลิตเพลารถยนต์ โดยใช้เทคนิค FMEA และแผนผังก้างปลา ในการวิเคราะห์ปัญหา ผลลัพธ์คือ MTBF เพิ่มจาก  $83 \pm 45$  เป็น  $87 \pm 22$  ชั่วโมง/ครั้ง และ MTTR ลดจาก 84.7 เป็น 70.38 นาที/ครั้ง

## 5. ดุสิต สิงห์พรหมมาศ [14]

นำ PM มาใช้ในสายการผลิตอะไหล่ โดยใช้ OEE, MTTR, และ MTBF เป็นตัวชี้วัด ผลคือ MTBF เพิ่มจาก 192.66 เป็น 486.76 ชั่วโมง/ครั้ง (เพิ่ม 152.65%) และ MTTR ลดจาก 7.11 เป็น 0.39 ชั่วโมง/ครั้ง (ลด 94.51%) OEE เพิ่มจาก 74.18% เป็น 86.00%

## 6. ธวัชชัย บัวระภา และคณะ [15]

ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพบำรุงรักษาในโรงงานผลิตเครื่องดื่ม พบว่าเวลาหยุดเครื่องลดลง 29.45%, อัตราความพร้อมเพิ่มจาก 73.44% เป็น 85.77%, ประสิทธิภาพเครื่องเพิ่มจาก 90.69% เป็น 96.88%, อัตราคุณภาพเพิ่มจาก 99.65% เป็น 99.85% และ OEE เพิ่มจาก 66.36% เป็น 82.97% (เพิ่ม 16.6%)

## 7. วสันต์ จันทร์นวล [16]

ศึกษางานซ่อมบำรุงในอุตสาหกรรมอัญมณี โดยใช้ 7 QC Tools, TPM และ Why-Why Analysis พบว่า MTBF เพิ่มขึ้น 87 นาที (เพิ่ม 142.4%), MTTR ลดลง 21 นาที และค่าความพร้อมใช้งานเพิ่มจาก 68.9% เป็น 84% (เพิ่ม 15.1%)

## 8. เกษม รุ่งเรือง [17]

เสนอแผน PM ให้กับโรงงานรีเลย์ซึ่งไม่มีระบบบำรุงรักษาเดิม ผลจากการดำเนินการคือ MTBF เพิ่มขึ้น 215.42%, MTTR ลดลง 73.91% และค่าความพร้อมใช้งานเพิ่มขึ้น 18.67% ส่วนอัตราการชำรุดลดลง 35.89%

#### 9. กษิรัช สนธิเปล่งศรี [18]

ปรับปรุงระบบควบคุมแรงดันหล่อเย็นในเครื่องฆ่าเชื้อ โดยใช้หลักการ Pareto และ 5 Whys พร้อมเปลี่ยนการควบคุมจากคนเป็นอัตโนมัติ ทำให้จากเดิมมีอัตราเสียหายเฉลี่ย 1.45% ลดลงเหลือ 0% ภายใน 1 เดือน

#### 10. เชกสรร สิงห์ธนู และคณะ [19]

เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของสายการผลิต GEAR KICK SPINDLE โดยจัดทำมาตรฐาน PM ผลการปรับปรุงคือ อัตราการเดินเครื่องเพิ่มเป็น 95% (+8%), ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง 89% (+10%), อัตราคุณภาพ 97% (+2%) และ OEE เพิ่มจาก 65% เป็น 82% (+17%)

#### 11. ประโยชน์ ยลวิลาศ [20]

วิจัยลดเวลาหยุดเครื่องทดสอบในโรงงานกลึงดิจิตอล โดยใช้แผน PM และวิเคราะห์อายุการใช้งานอุปกรณ์ ผลคือเวลาหยุดเครื่องลดลง 67.18% หลังการปรับปรุง

#### 12. อภิชาติ นาควิมล [21]

ปรับปรุง OEE ของเครื่องจักรในโรงงานเครื่องตี๋ม โดยใช้ TPM และการประเมินความเสี่ยง ผลคือ OEE เพิ่มจาก 52.8% เป็น 70.9% และค่าความพร้อมใช้งานเพิ่มจาก 55.6% เป็น 72.2% ขณะเดียวกันพนักงานมีทักษะสูงขึ้นและระบบบำรุงรักษามีประสิทธิภาพมากขึ้น

จากงานวิจัยกล่าวมาข้างต้น พบว่าการบำรุงรักษาเชิงป้องกันมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ลดปัญหาเครื่องจักรขัดข้อง และเพิ่มความพร้อมใช้งานของเครื่องจักรอย่างต่อเนื่อง โดยกระบวนการจัดทำระบบบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่มีประสิทธิภาพมักประกอบด้วยขั้นตอนหลัก ได้แก่ การเก็บรวบรวมข้อมูลการซ่อมบำรุงย้อนหลัง การวิเคราะห์หาสาเหตุของความเสียหาย การวางแผนและกำหนดตารางบำรุงรักษา การจัดทำแบบฟอร์มและเอกสารควบคุม การกำหนดดัชนีชี้วัด (เช่น MTBF, MTTR, OEE) และการประเมินผลหลังการดำเนินงาน พร้อมทั้งปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นพัฒนาระบบบำรุงรักษาเชิงป้องกันสำหรับระบบรีเวิร์สออสโมซิส (RO) โดยเพิ่มเติมเครื่องมือในด้านการจัดเก็บข้อมูลผ่านระบบสารสนเทศออนไลน์ เพื่อให้สามารถติดตามประเมินผล และวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการบำรุงรักษาได้อย่างเป็นระบบ รวมถึงการแจ้งเตือนล่วงหน้าสำหรับกิจกรรมการบำรุงรักษาที่กำหนดไว้ในแผน ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงจากการล้มหรือบำรุงรักษาล่าช้า ทั้งนี้เป้าหมายคือเพื่อเพิ่มประสิทธิผลโดยรวมของระบบ RO ให้สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง ลดปัญหาการหยุดผลิต และยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ในระยะยาว

## บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

### 3.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance: PM) เป็นแนวทางที่สำคัญในการบริหารจัดการเครื่องจักรในภาคอุตสาหกรรม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดความเสียหายที่เกิดขึ้นอย่างไม่คาดคิด ป้องกันการหยุดชะงักของกระบวนการผลิต และยืดอายุการใช้งานของเครื่องจักรให้นานที่สุด การบำรุงรักษาเชิงป้องกันมักประกอบด้วยกิจกรรมพื้นฐาน เช่น การตรวจสอบ การทำความสะอาด การหล่อลื่น การปรับตั้ง และการเปลี่ยนชิ้นส่วนที่เสื่อมสภาพตามรอบเวลา โดยต้องดำเนินการตามแผนที่วางไว้อย่างเป็นระบบ

นอกจากนี้ การนำระบบบริหารจัดการข้อมูลเข้ามาใช้ร่วมด้วย เช่น การจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบสารสนเทศ การกำหนดตารางการบำรุงรักษาอัตโนมัติ และการแจ้งเตือนล่วงหน้า จะช่วยให้การดำเนินงานมีความแม่นยำและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ตัวชี้วัดที่นิยมใช้ในการประเมินผลระบบ PM ได้แก่ ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness: OEE), ค่าเวลาเฉลี่ยระหว่างเกิดความเสียหาย (Mean Time Between Failures: MTBF) และค่าเวลาเฉลี่ยในการซ่อมแซม (Mean Time to Repair: MTTR)

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าหลายหน่วยงานประสบความสำเร็จในการนำระบบ PM มาใช้ เช่น

อติวัฒน์ กิริติอมรลักษณ์ (2562) ได้ปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องเป่าพลาสติกด้วยการวิเคราะห์ปัญหาและจัดทำแผน PM อย่างเป็นระบบ ส่งผลให้ OEE เพิ่มขึ้นจาก 73.67% เป็น 91.63% และ MTBF เพิ่มขึ้น 150%

รกันน้อย อัครรุ่งเรืองกุล และคณะ (2561) พัฒนาแบบฟอร์มบำรุงรักษาและระบบเอกสารในโรงไฟฟ้า ทำให้เวลาเสียหายเฉลี่ยลดลง 66.44% และ MTBF เพิ่มขึ้นเกือบ 200%

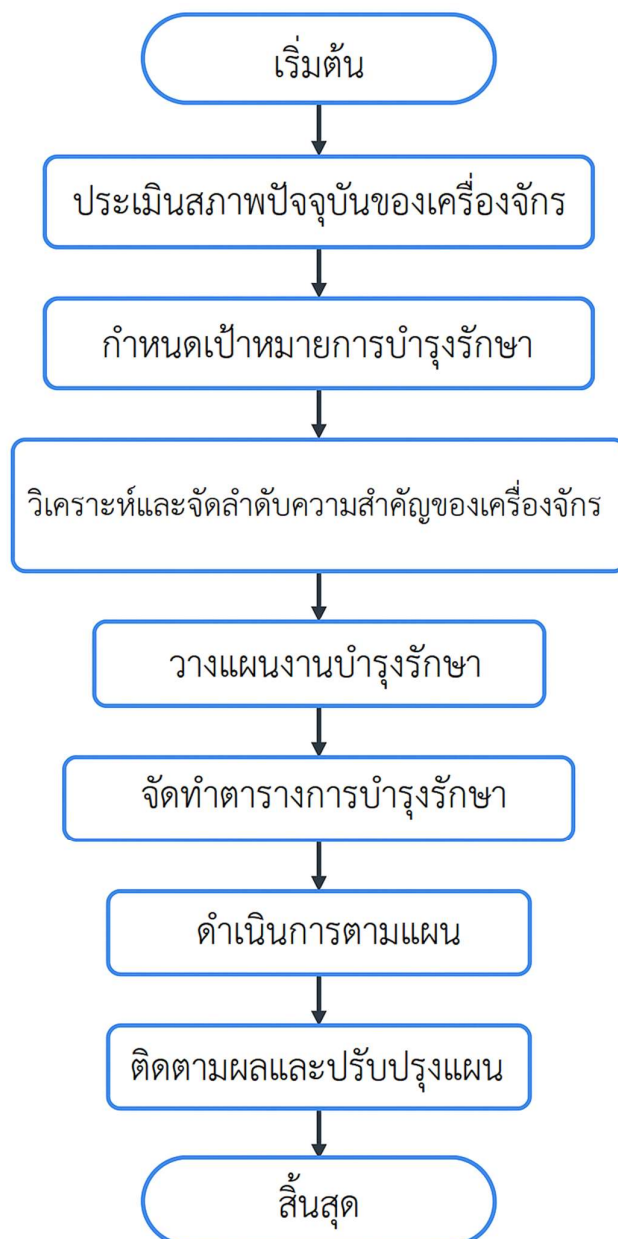
สุพัฒน์ วงศ์จิรัฐติกาล และคณะ (2563) ใช้การวิเคราะห์ FMEA และผังก้างปลาในการวางแผน PM ทำให้ MTBF และความพร้อมใช้งานเครื่องจักรเพิ่มขึ้น

อภิชาติ นาควิมล (2564) ประยุกต์ใช้ TPM และระบบซ่อมบำรุงในโรงงานเครื่องตี๋ม พบว่า OEE เพิ่มขึ้นจาก 52.8% เป็น 70.9% และอัตราความพร้อมใช้งานเพิ่มจาก 55.6% เป็น 72.2%

จากแนวคิดและผลการวิจัยดังกล่าว สามารถสรุปแนวทางการพัฒนาระบบบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่มีประสิทธิภาพได้ว่า ต้องเริ่มจากการเก็บข้อมูลการซ่อมบำรุง วิเคราะห์หาสาเหตุของความเสียหาย จัดทำแผนและตารางบำรุงรักษา พร้อมกำหนดตัวชี้วัดที่ชัดเจน และนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ เช่น ระบบสารสนเทศ ระบบแจ้งเตือน และการติดตามผลแบบเรียลไทม์ ซึ่งเป็นแนวทางที่งานวิจัยนี้ได้นำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบบำรุงรักษาเชิงป้องกันสำหรับระบบรีเวิร์สออสโมซิส (RO) ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

### 3.2 กำหนดขั้นตอนสำหรับการเริ่มต้นโปรแกรมการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

โดยเริ่มจากการประเมินสภาพเครื่องจักรปัจจุบัน เพื่อทราบถึงปัญหาและสภาพการใช้งานจริง จากนั้นกำหนดเป้าหมายในการบำรุงรักษา แล้วจัดลำดับความสำคัญของเครื่องจักรที่ต้องดูแลก่อน วางแผนงานบำรุงรักษาอย่างเป็นระบบ จัดทำตารางเวลาให้เหมาะสมกับการใช้งานของแต่ละเครื่องจักร ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ และสุดท้ายติดตามผลการดำเนินงานเพื่อนำมาปรับปรุงให้การบำรุงรักษาในอนาคตมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยสามารถแสดงภาพแสดงกระบวนการได้ตามภาพ Flowchart ดังภาพที่ 13 ดังนี้



ภาพที่ 13 Flowchart ขั้นตอนสำหรับการเริ่มต้นโปรแกรมการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

### 3.3 ศึกษารูปแบบระบบงานซ่อมบำรุงรักษาของระบบรีเวิร์สออสโมซิส กรณีศึกษา ณ ปัจจุบัน

จากการศึกษารูปแบบระบบงานซ่อมบำรุงรักษาอุปกรณ์ เครื่องจักรของระบบรีเวิร์สออสโมซิส กรณีศึกษา ณ ปัจจุบัน พบว่าเป็นการซ่อมแบบ Breakdown Maintenance หรือที่เรียกว่า "การซ่อมบำรุงเมื่อเกิดการเสีย" ซึ่งเป็นกระบวนการซ่อมแซมเครื่องจักรหรืออุปกรณ์เมื่อเกิดความเสียหายหรือหยุดทำงานแบบทันทีทันใด โดยจะไม่มีกำหนดการซ่อมแซมล่วงหน้าและจะทำการซ่อมแซมตามใบแจ้งซ่อมจากหน่วยงานเดินเครื่องเมื่อพบปัญหาและแจ้งมาเท่านั้น

ลักษณะสำคัญของ Breakdown Maintenance คือ

1. ซ่อมแซมเมื่อเกิดปัญหา การซ่อมจะเริ่มต้นเมื่ออุปกรณ์หยุดทำงานหรือเกิดปัญหาที่ทำให้ไม่สามารถใช้งานได้
2. ไม่มีการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ไม่มีการตรวจสอบหรือบำรุงรักษาล่วงหน้าเพื่อป้องกันการเสียหาย
3. ใช้เวลานานในการซ่อมแซม การซ่อมแซมอาจใช้เวลานานและอาจทำให้การผลิตหรือการดำเนินงานหยุดชะงักไปชั่วคราว
4. ค่าใช้จ่ายสูง เนื่องจากเกิดขึ้นโดยไม่คาดคิด ค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมอาจสูงกว่าการบำรุงรักษาแบบอื่นๆ เช่น Preventive Maintenance
5. เหมาะกับอุปกรณ์ที่ไม่ใช้งานบ่อย การซ่อมแบบนี้อาจจะเหมาะสมกับเครื่องจักรที่ไม่ใช้งานอย่างต่อเนื่องหรืออุปกรณ์ที่มีความสำคัญไม่สูงมากนัก (ซึ่งในกรณีศึกษาของงานวิจัยนี้ พบว่าระบบรีเวิร์สออสโมซิส จะมีการเดินระบบใช้งานอย่างต่อเนื่อง และมีความสำคัญสูงต่อระบบผลิตน้ำบริสุทธิ์ ซึ่งใช้เป็นสารตั้งต้นสำหรับป้อนเข้าสู่หม้อไอน้ำ เพื่อใช้ในการเดินเครื่องกังหันไอน้ำ สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าต่อไป ดังนั้นจึงไม่เหมาะสมสำหรับวิธีการซ่อมแบบ Breakdown Maintenance ดังกล่าว)

และจากการศึกษายังพบว่า การดำเนินการทางด้านข้อมูลในงานซ่อมบำรุงรักษาของระบบรีเวิร์สออสโมซิส กรณีศึกษาดังกล่าว ณ ปัจจุบันนั้น จะถูกดำเนินการอยู่ในรูปแบบเอกสารงานบำรุงรักษาแบบกระดาษ ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลการบำรุงรักษาเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ในรูปแบบที่เป็นลายลักษณ์อักษร โดยใช้การบันทึกด้วยการเขียนด้วยมือเพื่อเก็บข้อมูลที่จำเป็นในการติดตามและประเมินผลการบำรุงรักษาเท่านั้น

### 3.4 เก็บรวบรวมข้อมูลทางเทคนิคของเครื่องจักร อุปกรณ์ของระบบรีเวิร์สออสโมซิส กรณีศึกษา และจัดทำรายการอุปกรณ์ (Equipment List)

ประกอบด้วยการจำแนกกลุ่มอุปกรณ์ (Equipment Group) เพื่อให้สามารถจัดการได้อย่างเป็นระบบ พร้อมระบุรหัสประจำตำแหน่งหรือฟังก์ชัน (KKS) เพื่อความถูกต้องในการติดตามตรวจสอบ และซ่อมบำรุง จากนั้นบันทึกรายละเอียดชื่ออุปกรณ์ (Equipment) ยี่ห้อ (Brand) และรุ่น (Model) อย่างครบถ้วน เพื่อเป็นฐานข้อมูลสนับสนุนการวางแผนบำรุงรักษา การสั่งซื้อชิ้นส่วน และการปรับปรุงระบบในอนาคต แสดงได้ดังตารางที่ 3 ดังนี้

## ตารางที่ 3 Equipment List

Equipment Group	KKS	Equipment	Brand	Model
ปั๊มแรงดันสูง RO (RO Vertical multistage pump)	02GCK11AP001	ปั๊มป้อน RO เบอร์ 1 (RO Feed Pump no.1)	Grundfos	CRN45-3-2
	02GCK12AP001	ปั๊มป้อน RO เบอร์ 2 (RO Feed Pump no.2)	Grundfos	CRN45-3-2
	02GCK21AP001	ปั๊มแรงดันสูง RO Pass1 เบอร์ 1 (RO Pass1 High Pressure Pump no.1)	Grundfos	CRN45-6-2
	02GCK22AP001	ปั๊มแรงดันสูง RO Pass1 เบอร์ 2 (RO Pass1 High Pressure Pump no.2)	Grundfos	CRN45-6-2
	02GCK31AP001	ปั๊มแรงดันสูง RO Pass2 เบอร์ 1 (RO Pass2 High Pressure Pump no.1)	Grundfos	CRN45-7-2
	02GCK32AP001	ปั๊มแรงดันสูง RO Pass2 เบอร์ 2 (RO Pass2 High Pressure Pump no.2)	Grundfos	CRN45-7-2
ไส้กรอง RO (RO Cartridge filter)	02GCB21AT001	ไส้กรอง RO เบอร์ 1 (Cartridge Filter for RO no.1)	Suez	ROZSave 5 Micron 10" Element
	02GCB22AT001	ไส้กรอง RO เบอร์ 2 (Cartridge Filter for RO no.2)	Suez	ROZSave 5 Micron 10" Element
แผ่นเมมเบรน RO (RO Membranes)	02GCF01AT001	เมมเบรน RO Pass 1 ชั้นที่ 1 (RO Pass 1 Stage 1 Membrane)	FilmTec	BW30FR-400
	02GCF02AT001	เมมเบรน RO Pass 1 ชั้นที่ 1 (RO Pass 1 Stage 1 Membrane)	FilmTec	BW30FR-400
	02GCF03AT001	เมมเบรน RO Pass 1 ชั้นที่ 1 (RO Pass 1 Stage 1 Membrane)	FilmTec	BW30FR-400

## ตารางที่ 3 Equipment List (ต่อ)

Equipment Group	KKS	Equipment	Brand	Model
แผ่นเมมเบรน RO (RO Membranes)	02GCF04AT001	เมมเบรน RO Pass 1 ชั้นที่ 1 (RO Pass 1 Stage 1 Membrane)	FilmTec	BW30FR-400
	02GCF05AT001	เมมเบรน RO Pass 1 ชั้นที่ 1 (RO Pass 1 Stage 1 Membrane)	FilmTec	BW30FR-400
	02GCF06AT001	เมมเบรน RO Pass 1 ชั้นที่ 1 (RO Pass 1 Stage 1 Membrane)	FilmTec	BW30FR-400
	02GCF11AT001	เมมเบรน RO Pass 1 ชั้นที่ 2 (RO Pass 1 Stage 2 Membrane)	FilmTec	BW30FR-400
	02GCF12AT001	เมมเบรน RO Pass 1 ชั้นที่ 2 (RO Pass 1 Stage 2 Membrane)	FilmTec	BW30FR-400
	02GCF13AT001	เมมเบรน RO Pass 1 ชั้นที่ 2 (RO Pass 1 Stage 2 Membrane)	FilmTec	BW30FR-400
	02GCF21AT001	เมมเบรน RO Pass 2 ชั้นที่ 1 (RO Pass 2 Stage 1 Membrane)	FilmTec	BW30FR-400
	02GCF22AT001	เมมเบรน RO Pass 2 ชั้นที่ 1 (RO Pass 2 Stage 1 Membrane)	FilmTec	BW30FR-400
	02GCF31AT001	เมมเบรน RO Pass 2 ชั้นที่ 2 (RO Pass 2 Stage 2 Membrane)	FilmTec	BW30FR-400
	02GCF32AT001	เมมเบรน RO Pass 2 ชั้นที่ 2 (RO Pass 2 Stage 2 Membrane)	FilmTec	BW30FR-400
สายท่อน้ำ RO (RO permeate hoses)	N/A	ท่อน้ำ RO (RO Permeate Hoses)	FilmTec	N/A

ตารางที่ 3 Equipment List (ต่อ)

Equipment Group	KKS	Equipment	Brand	Model
สายท่อน้ำ RO (RO permeate hoses)	N/A	ท่อน้ำ RO (RO Permeate Hoses)	FilmTec	N/A
ถังพักน้ำ RO (RO Tank)	02GCL10BB001	ถังกรอง RO (RO permeate tank)	OSMOFLO	BS 4994-1987
	02GCL10CL501	ระดับถังกรอง RO (RO permeate tank level)	OSMOFLO	Acrylic Sight glass
<b>ระบบควบคุม RO (RO I&amp;C)</b>				
อุปกรณ์วัดดันตก คร่อมไส้กรอง RO Cartridge filter	02GCB21CP001	เครื่องวัดความดัน Pressure Transducer (PT)	Endress+Hauser	Cerabar PMC51
	02GCB22CP001	เครื่องวัดความดัน Pressure Transducer (PT)	Endress+Hauser	Cerabar PMC51
อุปกรณ์เครื่องมือวัด ก่อนเข้า RO Pass 1	02GCK22CP001	เครื่องวัดความดัน Pressure Transducer (PT)	Endress+Hauser	Cerabar PMC51
	02GCB22CQ001	เครื่องวัดศักย์ออกซิเดชัน-รีดักชัน Oxidation-Reduction Potential Meter (ORP)	METTLER TOLEDO	pH Sensor Pure Water pHure LE ISM
	02GCB22CQ002	เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า Conductivity Meter	METTLER TOLEDO	M800 Process 1-CH
	02GCB11CQ002	เครื่องวัดค่า pH pH meter	METTLER TOLEDO	pH Pure Water pHure ISM
	02GCF01CP001	เครื่องวัดความดัน Pressure Transducer (PT)	Endress+Hauser	Cerabar PMC51
	02GCF01CP501	เครื่องวัดความดัน Pressure Transducer (PT)	Endress+Hauser	Cerabar PMC51
	02GCF01CQ001	เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า Conductivity Meter	METTLER TOLEDO	M800 Process 1-CH
	02GCF01CF001	เครื่องวัดอัตราการไหล Flow Meter	Endress+Hauser	Proline Promag P 10 / 5PBB
	02GCF01CP001	เครื่องวัดความดัน Pressure Transducer (PT)	Endress+Hauser	Cerabar PMC51

ตารางที่ 3 Equipment List (ต่อ)

Equipment Group	KKS	Equipment	Brand	Model
<b>ระบบควบคุม RO (RO I&amp;C)</b>				
อุปกรณ์เครื่องมือวัด ก่อนเข้า RO Pass 1	02GCK22CP001	เครื่องวัดความดัน Pressure Transducer (PT)	Endress+Hauser	Cerabar PMC51
	02GCF11CP001	เครื่องวัดความดัน Pressure Transducer (PT)	Endress+Hauser	Cerabar PMC51
	02GCF01CP002	เครื่องวัดความดัน Pressure Transducer (PT)	Endress+Hauser	Cerabar PMC51
อุปกรณ์เครื่องมือวัด RO Pass 2	02GCK32CQ001	เครื่องวัดค่า pH pH meter	METTLER TOLEDO	pH Pure Water pHure ISM
	02GCK32CP001	เครื่องวัดความดัน Pressure Transducer (PT)	Endress+Hauser	Cerabar PMC51
	02GCF21CP501	ตัวบ่งชี้แรงดัน Pressure Indicator (PI)	WIKA	232.5
	02GCK21CP001	เครื่องวัดความดัน Pressure Transducer (PT)	Endress+Hauser	Cerabar PMC51
	02GCK31CP001	เครื่องวัดความดัน Pressure Transducer (PT)	Endress+Hauser	Cerabar PMC51
	02GCF21CQ001	เครื่องวัดค่า pH pH Meter	METTLER TOLEDO	pH Pure Water pHure ISM
	02GCF21CQ002	เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า Conductivity Meter	METTLER TOLEDO	M800 Process 1-CH
	02GCF21CQ003	เครื่องวิเคราะห์ซิลิกา Silica Analyzer	SWAN	Analyzer AMI Silica
	02GCF21CO002	เครื่องวัดความดัน Pressure Transducer (PT)	Endress+Hauser	Cerabar PMC51
	02GCF21CF001	เครื่องวัดอัตราการไหล Flow Meter	Endress+Hauser	Proline Promag P 10 / 5PBB
	02GCF31CF001	เครื่องวัดอัตราการไหล Flow Meter	Endress+Hauser	Proline Promag P 10 / 5PBB

### 3.5 เก็บรวบรวมประวัติใบแจ้งซ่อมในระบบบรีเวียร์สออสโมซิส กรณีศึกษา จากระบบใบแจ้งซ่อม ERP (ข้อมูลจากปี พ.ศ.2557 – 2566)

โดยในการเก็บรวบรวมประวัติใบแจ้งซ่อมนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการวิเคราะห์แนวโน้มปัญหาและวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันอย่างมีประสิทธิภาพ โดยข้อมูลก็นำมาใช้ได้ผ่านการกรองเพื่อให้ได้เฉพาะรายการที่เกี่ยวข้องกับระบบ RO โดยตรง ประกอบด้วย หมายเลขใบแจ้งซ่อม หมายเลขใบสั่งงาน รายละเอียดปัญหาที่แจ้งซ่อม ตำแหน่งอุปกรณ์ (Functional Location) รวมถึงวันที่แจ้งซ่อมและวันที่ดำเนินการซ่อมเสร็จ ข้อมูลเหล่านี้สามารถนำไปวิเคราะห์เพื่อหาความถี่ของปัญหา จุดอ่อนในระบบ และช่วยตัดสินใจในการจัดลำดับความสำคัญของอุปกรณ์ที่ควรวางแผนดูแลหรือทำการบำรุงรักษา เปลี่ยนอะไหล่ล่วงหน้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ประวัติงานซ่อมระบบบรีเวียร์สออสโมซิส

ใบแจ้งซ่อม	ใบสั่งงาน	รายละเอียดแจ้งซ่อม	Functional Loc.	วันที่แจ้งซ่อม	วันที่ซ่อม
1200160	1344291	ตัววัด CONDUCT RO แจ้งเรื่อง claim ตัวน	CHN-C02GCB22CQ002	15/07/2557	1/10/2557
1203226	1343492	Cartridge Filter for RO No.1 ตัน	CHN-C02GCB21AT001	18/07/2557	18/07/2557
1203227	1343493	Cartridge Filter for RO No.2 ตัน	CHN-C02GCB22AT001	18/07/2557	18/07/2557
1255397	1401500	RO Feed Pump 2 มีเสียงดังผิดปกติ	CHN-C02GCK12AP001	19/10/2557	19/10/2557
1279080	1433118	RO Feed Pump 2 มีเสียงดังผิดปกติ	CHN-C02GCK12AP001	19/10/2557	19/10/2557
1273097	1421236	RO pump มี Abnormal noise	CHN-C02GCK31AP001	3/11/2557	3/11/2557
1273137	1421234	Relief Valve Passing	CHN-C02GCF01	10/11/2557	10/11/2557
1292450	1442915	เคมีขอตรวจสอบ Cartridge Filter	CHN-C02GCB	28/11/2557	28/11/2557
1234596	1377724	CARTRIDGE FILTER No.1 อ่านค่า DP ได้สูง	CHN-C02GCB21AT001	30/01/2558	30/01/2558
1334638	1489395	Cartridge Filter ตัน	CHN-C02GCB21AT001	30/01/2558	2/02/2558
1334640	1489397	Cartridge Filter ตัน	CHN-C02GCB22AT001	30/01/2558	30/01/2558

ตารางที่ 4 ประวัติงานซ่อมระบบรีเวิร์สออสโมซิส (ต่อ)

ใบแจ้งซ่อม	ใบสั่งงาน	รายละเอียดแจ้งซ่อม	Functional Loc.	วันที่แจ้งซ่อม	วันที่ซ่อม
1364119	1523491	pressure high ทำให้ RO critical shutdown	CHN-C02GCB22CP001	13/03/2558	16/03/2558
1391692	1554479	Cartridge filter DP ขึ้น สูงเกิน 1 Bar	CHN-C02GCB21AT001	5/05/2558	5/05/2558
1413863	1582654	cartridge filter ตัน	CHN-C02GCB22AT001	16/06/2558	16/06/2558
1430389	1598391	แสดงค่าปริมาณน้ำยาวัต silica ผิดพลาด	CHN-C02GCF21CQ003	7/07/2558	10/07/2558
1460432	1632405	หัววัดค่า conduct fault ค้าง	CHN-C02GCB32CQ001	26/08/2558	28/08/2558
1474303	1647308	RO Pass 2 inlet pH high	CHN-C02GCK32CQ001	9/09/2558	10/09/2558
1478430	1653091	pH meter หลัง RO Pass2 ค่าไม่คงที่	CHN-C02GCF21CQ001	14/09/2558	17/09/2558
1342821	1499454	Check Valve Passang	CHN-C02GCK32AA002	27/04/2559	27/04/2559
1619193	1812732	Silica analyzer เสีย	CHN-C02GCF21CQ003	28/04/2559	29/04/2559
1622134	1813713	Filter ตัน	CHN-C02GCB21AT001	4/05/2559	4/05/2559
1675176	1871718	RO CARTRIDGE FILTERS ตัน	CHN-C02GCB22AT001	10/07/2559	11/07/2559
1684623	1882075	PH transmitter Fail	CHN-C02GCF21CQ001	26/07/2559	4/08/2559
1763205	1970413	Cartridge filter diff pressure high	CHN-C02GCB21AT001	21/11/2559	21/11/2559
1780945	1993021	cartridge filter ตัน	CHN-C02GCB22AT001	23/12/2559	23/12/2559
1807245	2020237	RO Cartridge Filter #1 DP High	CHN-C02GCB21AT001	1/02/2560	1/02/2560
1827690	2043106	หัววัดอ่านค่าไม่ได้	CHN-C02GCK32CQ001	3/03/2560	4/03/2560
1837147	2053543	RO Cartridge Filter #2 DP High	CHN-C02GCB22AT001	21/03/2560	21/03/2560
1920113	2145712	RO Cartridge Filter #1 DP High	CHN-C02GCB21AT001	2/08/2560	2/08/2560

ตารางที่ 4 ประวัติงานซ่อมระบบรีเวิร์สออสโมซิส (ต่อ)

ใบแจ้งซ่อม	ใบสั่งงาน	รายละเอียดแจ้งซ่อม	Functional Loc.	วันที่แจ้งซ่อม	วันที่ซ่อม
1920461	2146327	RO Pass2 conduct high	CHN-C02GCF21CQ002	2/08/2560	3/08/2560
1968914	2206783	(A) Valve เปิดไม่สุด	CHN-C02GCF21AA102	14/10/2560	15/10/2560
1969688	2200894	valve ติดขัดขณะเปิด	CHN-C02GCF21AA102	18/10/2560	18/10/2560
1989498	2222020	RO pH low ทำให้ RO trip บ่อย	CHN-C02GCK32CQ001	13/11/2560	20/06/2561
2012202	2247331	ข้อต่อหลุด (A)	CHN-C02GCF01AT001	20/12/2560	20/12/2560
2038221	2275885	Cartridge Filter RO Diff Hight	CHN-C02GCB21AT001	25/01/2561	25/01/2561
2038222	2275886	Cartridge Filter for RO No.2 Diff Hight	CHN-C02GCB22AT001	25/01/2561	25/01/2561
2065091	2306086	pressure switch high	CHN-C02GCB21	7/03/2561	21/06/2561
2069104	2310116	diff cartridge filter RO high	CHN-C02GCB21AT001	13/03/2561	13/03/2561
2076852	2318983	น้ำรั่วซึมบริเวณข้อต่อ	CHN-C02GCF	27/03/2561	27/03/2561
2085362	2330592	diff cartridge filter RO high	CHN-C02GCB22AT001	17/04/2561	17/04/2561
2093365	2337015	พบชุดวัดรั่ว	CHN-C02GCB11CQ001	25/04/2561	21/06/2561
2092898	2336540	RO Cartridge Filter#1 DP High	CHN-C02GCB21AT001	25/04/2561	25/04/2561
2100102	2344202	RO Cartridge Filter #2 DP High	CHN-C02GCB22AT001	4/05/2561	4/05/2561
2110913	2356645	RO Cartridge Filter #1 DP High	CHN-C02GCB21AT001	23/05/2561	23/05/2561
2124812	2371992	ลมรั่วบริเวณ actuator	CHN-C02GCF11AA102	11/06/2561	21/06/2561
2132866	2381054	RO Cartridge Filter #2 DP High	CHN-C02GCB22AT001	3/03/2560	4/03/2560
2141818	2391131	RO Cartridge filter 1 ตัน	CHN-C02GCB21AT001	21/03/2560	21/03/2560

ตารางที่ 4 ประวัติงานซ่อมระบบรีเวิร์สออสโมซิส (ต่อ)

ใบแจ้งซ่อม	ใบสั่งงาน	รายละเอียดแจ้งซ่อม	Functional Loc.	วันที่แจ้งซ่อม	วันที่ซ่อม
2146839	2396620	RO Cartridge filter 2 ตัน	CHN- C02GCB22AT001	17/07/2561	18/07/2561
2160524	2411784	RO Cartridge filter 1 ตัน	CHN- C02GCB21AT001	7/08/2561	7/08/2561
2174216	2427288	RO Cartridge filter 2 ตัน	CHN- C02GCB22AT001	28/08/2561	28/08/2561
2192616	2446476	RO Cartridge filter 1 ตัน	CHN- C02GCB21AT001	19/09/2561	19/09/2561
2196635	2511473	Voltage ค่าสวิง	CHN- C02GCB22CQ001	26/09/2561	28/12/2561
2207412	2469013	RO Cartridge filter 2 ตัน	CHN- C02GCB22AT001	2/10/2561	2/10/2561
2214091	2471163	RO Cartridge filter 1 ตัน	CHN- C02GCB21AT001	12/10/2561	12/10/2561
2235457	2494264	ball collector ไม่ ทำงาน	CHN- C02GCB22AT001	14/11/2561	14/11/2561
2235456	2494327	RO Cartridge filter 2 ตัน	CHN- C02GCB22AT001	14/11/2561	14/11/2561
2257642	2521668	อ่านค่าไม่ถูกต้อง	CHN- C02GCB11CQ001	27/12/2561	8/01/2562
2264504	2526365	RO Cartridge filter 1 ตัน	CHN- C02GCB21AT001	8/01/2562	8/01/2562
2282186	2546621	RO Cartridge Filter #2 DP High	CHN- C02GCB22AT001	6/02/2562	6/02/2562
2297910	2563456	RO Cartridge filter 1 ตัน	CHN- C02GCB21AT001	4/03/2562	4/03/2562
2299306	2567063	ท่อRO Pass1 ก่อนเข้า state2 ท่อหลุด	CHN- C02GCF01AT001	8/03/2562	8/03/2562
2311788	2578509	RO Cartridge filter 2 ตัน	CHN- C02GCB22AT001	26/03/2562	26/03/2562
2326300	2594008	RO Cartridge filter 1 ตัน	CHN- C02GCB21AT001	22/04/2562	22/04/2562
2362165	2632711	หัววัดค่า conduct RO1 "fault"	CHN- C02GCF11CQ001	17/06/2562	18/06/2562

ตารางที่ 4 ประวัติงานซ่อมระบบรีเวิร์สออสโมซิส (ต่อ)

ใบแจ้งซ่อม	ใบสั่งงาน	รายละเอียดแจ้งซ่อม	Functional Loc.	วันที่แจ้งซ่อม	วันที่ซ่อม
2362493	2632895	RO Cartridge filter 1 ตัน	CHN- C02GCB21AT001	19/06/2562	19/06/2562
2362606	2633158	RO Cartridge filter 2 ตัน	CHN- C02GCB22AT001	19/06/2562	19/06/2562
2370019	2641059	Cartridge filter ตัน	CHN- C02GCB21AT001	1/07/2562	1/07/2562
2370171	2641434	Cartridge filter ตัน	CHN- C02GCB22AT001	1/07/2562	1/07/2562
2373876	2645290	RO Cartridge filter 1 ตัน	CHN- C02GCB21AT001	10/07/2562	10/07/2562
2423280	2698137	RO Cartridge filter 1 ตัน	CHN- C02GCB21AT001	25/09/2562	25/09/2562
2423281	2698138	RO Cartridge filter 2 ตัน	CHN- C02GCB22AT001	25/09/2562	25/09/2562
2444771	2720711	ค่าที่แสดงไม่ตรงกับที่วัด จาก lab	CHN- C02GCB22CQ002	25/09/2562	25/09/2562
2451417	2727667	WTP PLC Control Panel	CHN-C02GCF02	25/10/2562	26/12/2562
2453607	2730181	RO Cartridge filter 1 ตัน	CHN- C02GCB21AT001	7/11/2562	8/11/2562
2473172	2751029	filter ตัน	CHN- C02GCB22AT001	12/11/2562	12/11/2562
2498834	2779139	RO Cartridge Filter #1 DP High	CHN- C02GCB21AT001	18/12/2562	18/12/2562
2543005	2825815	Cartridge Filter for RO No.1 ตัน (DPสูง)	CHN- C02GCB21AT001	29/01/2563	29/01/2563
2546516	2829283	Cartridge Filter for RO No.2 ตัน (DPสูง)	CHN- C02GCB22AT001	9/04/2563	9/04/2563
2558324	2841758	Cartridge Filter for RO No.1 ตัน (DPสูง)	CHN- C02GCB21AT001	13/04/2563	13/04/2563
2621548	2908768	น้ำรั่ว	CHN- C02GCK32AP001	5/05/2563	5/05/2563
2623569	2910917	Cartridge Filter for RO No.1 ตัน (DPสูง)	CHN- C02GCB21AT001	10/08/2563	14/08/2563

ตารางที่ 4 ประวัติงานซ่อมระบบรีเวิร์สออสโมซิส (ต่อ)

ใบแจ้งซ่อม	ใบสั่งงาน	รายละเอียดแจ้งซ่อม	Functional Loc.	วันที่แจ้งซ่อม	วันที่ซ่อม
2623570	2910912	Cartridge Filter for RO No.2 ตัน (DPสูง)	CHN-C02GCB22AT001	13/08/2563	13/08/2563
2638648	2926827	น้ำรั่ว	CHN-C02GCB11AT001	13/08/2563	13/08/2563
2646506	2935469	ขอตรวจสอบหัววัด	CHN-C02GCB22CQ001	9/09/2563	10/09/2563
2649932	2939232	Cartridge Filter for RO No.1 ตัน (DPสูง)	CHN-C02GCB21AT001	15/09/2563	16/09/2563
2650024	2939227	Pump ทำงานผิดปกติ	CHN-C02GCK32AP001	21/09/2563	21/09/2563
2670764	2961303	Cartridge Filter for RO No.2 ตัน (DPสูง)	CHN-C02GCB22AT001	21/10/2563	21/10/2563
2698508	2990606	Cartridge Filter for RO No.1 ตัน (DPสูง)	CHN-C02GCB21AT001	30/11/2563	30/11/2563
2703973	2996130	อ่านค่าได้ต่ำกว่า pressure gauge	CHN-C02GCK22CP001	5/12/2563	4/01/2564
2707383	3002868	หัววัดค่า conductivity RO PASS 1 "fault"	CHN-C02GCF01CQ001	9/12/2563	3/02/2564
2707382	3002870	หัววัดค่า conductivity RO PASS 1 "fault"	CHN-C02GCF11CQ001	9/12/2563	29/12/2563
2707384	3002872	หัววัดค่า conductivity RO PASS 2 "fault"	CHN-C02GCF31CQ001	9/12/2563	29/12/2563
2725182	3018458	ตัวอย่างเข้าหัววัดปกติ แต่อ่านค่าได้ 0	CHN-C02GCB22CQ002	5/01/2564	6/12/2564
2728958	3022072	Cartridge Filter for RO No.2 ตัน (Diff P	CHN-C02GCB22AT001	10/01/2564	11/01/2564
2750041	3045178	clean เครื่องมือวัดพร้อม cal.	CHN-C02GCB11CQ001	16/02/2564	18/02/2564
2760817	3056026	PH transmitter "Fault"	CHN-C02GCF21CQ001	1/03/2564	4/03/2564
2762126	3059333	อ่านค่าได้ต่ำกว่า pressure gauge	CHN-C02GCK22CP001	4/03/2564	9/03/2564
2769385	3065336	filter ตัน	CHN-C02GCB21AT001	17/03/2564	17/03/2564
2785994	3082710	อ่านค่าไม่ถูกต้อง	CHN-C02GCB22CQ001	9/04/2564	12/04/2564

ตารางที่ 4 ประวัติงานซ่อมระบบรีเวิร์สออสโมซิส (ต่อ)

ใบแจ้งซ่อม	ใบสั่งงาน	รายละเอียดแจ้งซ่อม	Functional Loc.	วันที่แจ้งซ่อม	วันที่ซ่อม
2817127	3115862	Cartridge Filter for RO No.2 ตัน	CHN-C02GCB22AT001	7/06/2564	12/06/2564
2827255	3128340	ท่อRO Pass1 state1 line product ร้าว	CHN-C02GCF01AT001	23/06/2564	29/07/2564
2827256	3129506	อ่านค่าได้สูงกว่า pressure gauge	CHN-C02GCK22CP001	23/06/2564	28/06/2564
2829567	3129510	น้ำไม่เข้าชุดวัด และ clean เครื่องมือวัด	CHN-C02GCB11CQ001	25/06/2564	28/06/2564
2835386	3134722	Cartridge Filter for RO No.1 ตัน	CHN-C02GCB21AT001	7/07/2564	8/07/2564
2889116	3190736	Cartridge Filter for RO No.2 ตัน	CHN-C02GCB22AT001	5/10/2564	5/10/2564
2907568	3211795	ขอตรวจสอบหัววัด ORP	CHN-C02GCB22CQ001	28/10/2564	29/10/2564
2935482	3239249	Cartridge Filter for RO No.1 ตัน (DPสูง)	CHN-C02GCB21AT001	17/12/2564	21/12/2564
2936702	3243354	ค่าที่ transmitter ต่าง จากค่าที่ Gauge	CHN-C02GCK22CP001	23/12/2564	12/01/2565
2951341	3253600	RO pass1 outlet Press "low" มาบ่อย	CHN-C02GCK22CP001	7/01/2565	13/01/2565
2969530	3272768	RO Cartridge Filter #2 DP High	CHN-C02GCB22AT001	5/02/2565	7/02/2565
2972192	3275836	ขอทำความสะอาด กระจกเก็บตัวอย่างน้ำ	CHN-C02GCB11CQ001	11/02/2565	14/02/2565
2998311	3303830	Diff. Pressure High	CHN-C02GCB21AT001	2/04/2565	4/04/2565
2998312	3303829	น้ำรั่ว	CHN-C02GCB22AT001	2/04/2565	3/04/2565
3001110	3306531	หน้าจอ touch screen มองไม่เห็น	CHN-C02GCK32CQ001	10/04/2565	15/04/2565
3005897	3311589	RO Cartridge Filter #2 DP High	CHN-C02GCB22AT001	22/04/2565	22/04/2565
3008372	3314208	พบลมรั่วชุด Control ระบบ RO	CHN-C02GCF	25/04/2565	28/04/2565

ตารางที่ 4 ประวัติงานซ่อมระบบรีเวิร์สออสโมซิส (ต่อ)

ใบแจ้งซ่อม	ใบสั่งงาน	รายละเอียดแจ้งซ่อม	Functional Loc.	วันที่แจ้งซ่อม	วันที่ซ่อม
3014529	3321300	ขอทำความสะอาด กระบอกเก็บตัวอย่างน้ำ	CHN- C02GCB11CQ001	6/05/2565	14/06/2565
3013176	3320482	Cartridge Filter for RO No.1 ตัน (DPสูง)	CHN- C02GCB21AT001	6/05/2565	6/05/2565
3014525	3320875	ระบบCartridge Filter มี น้ำหยดที่ Drain V	CHN- C02GCB22AT001	6/05/2565	15/08/2565
3029468	3336524	RO feed ORP High Alam	CHN- C02GCB22CQ001	1/06/2565	2/06/2565
3031331	3338681	Cartridge Filter for RO No.2 ตัน (DP)สูง	CHN- C02GCB22AT001	3/06/2565	6/06/2565
3042204	3350320	filter ตัน	CHN- C02GCB21AT001	23/06/2565	23/06/2565
3047880	3356806	อ่านค่าผิดปกติ	CHN- C02GCK32CQ001	1/07/2565	1/07/2565
3052669	3364889	Cartridge Filter for RO No.1 ตัน (DP สูง)	CHN- C02GCB21AT001	19/07/2565	19/07/2565
3060066	3369866	ขอทำความสะอาด กระบอกเก็บตัวอย่างน้ำ	CHN- C02GCB11CQ001	24/07/2565	29/07/2565
3060106	3369507	Cartridge Filter for RO No.1 ตัน (DP สูง)	CHN- C02GCB21AT001	25/07/2565	26/07/2565
3060571	3370306	Cartridge Filter for RO No.2 ตัน (DP สูง)	CHN- C02GCB22AT001	26/07/2565	26/07/2565
3062415	3372195	Cartridge Filter for RO No.2 ตัน (DP สูง)	CHN- C02GCB22AT001	30/07/2565	1/08/2565
3063194	3373089	Cartridge Filter for RO No.1 ตัน (DP สูง)	CHN- C02GCB21AT001	3/08/2565	3/08/2565
3071050	3381427	Cartridge Filter for RO No.2 ตัน (DP สูง)	CHN- C02GCB22AT001	14/08/2565	15/08/2565
3073209	3384367	RO feed ORP High Alarm	CHN- C02GCB22CQ001	17/08/2565	17/08/2565
3118812	3432274	RO Cartridge Filter #1 DP High	CHN- C02GCB21AT001	4/11/2565	7/11/2565
3119991	3433690	อ่านค่าได้ต่ำกว่า pressure gauge	CHN- C02GCK22CP001	9/11/2565	8/12/2565

ตารางที่ 4 ประวัติงานซ่อมระบบรีเวิร์สออสโมซิส (ต่อ)

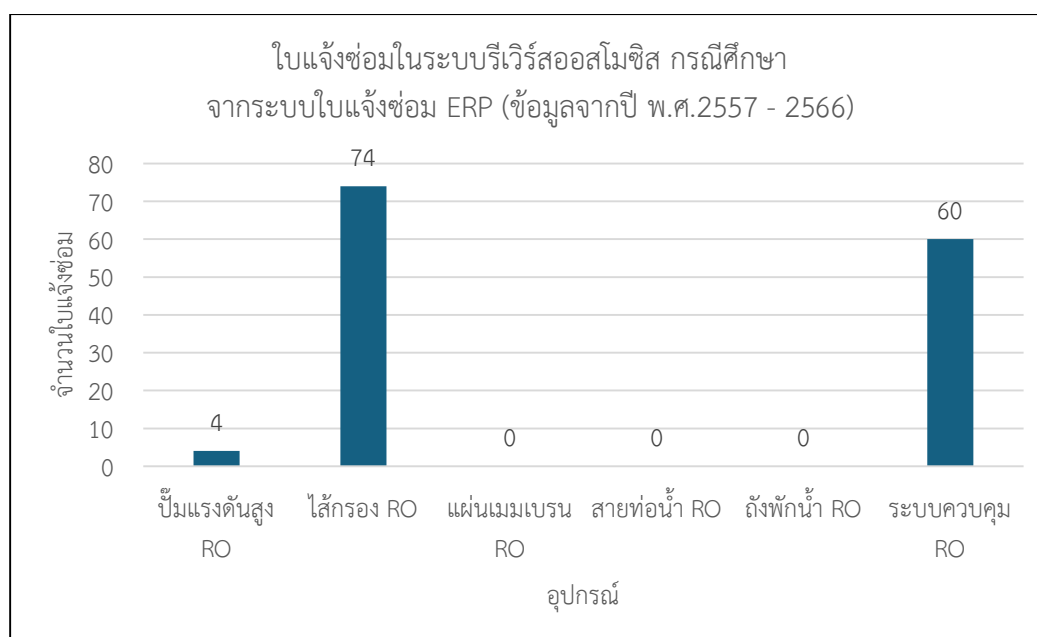
ใบแจ้งซ่อม	ใบสั่งงาน	รายละเอียดแจ้งซ่อม	Functional Loc.	วันที่แจ้งซ่อม	วันที่ซ่อม
3122061	3435787	ลมรั่ว	CHN-C02GCF	12/11/2565	22/11/2565
3130096	3444154	Filter ตัน	CHN-C02GCB22AT001	28/11/2565	28/11/2565
3140121	3455200	Sensor วัดค่า ORP อ่านค่า Swing	CHN-C02GCB22CQ001	21/12/2565	22/12/2565
3139956	3454791	ค่าต่ำผิดปกติ	CHN-C02GCK22CP001	21/12/2565	23/12/2565

### 3.6 วิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากประวัติตามใบแจ้งซ่อม

จากการวิเคราะห์ประวัติใบแจ้งซ่อมตามที่ระบุในข้อ 3.5 พบว่า ระบบรีเวิร์สออสโมซิส (RO) ภาคนีศึกษามีจำนวนใบแจ้งซ่อมสะสมรวมทั้งสิ้น 138 รายการ โดยสามารถจำแนกตามกลุ่มอุปกรณ์ (Equipment Group) ได้ดังแสดงในตารางที่ 5 และแผนภูมิตามภาพที่ 14 ซึ่งประกอบด้วย ปัม্পแรงดันสูง RO, ไส้กรอง RO, แผ่นเมมเบรน RO, สายท่อน้ำ RO, ถังพักน้ำ RO และระบบควบคุม RO ผลการวิเคราะห์พบว่า "ไส้กรอง RO" มีจำนวนใบแจ้งซ่อมมากที่สุด คือ 74 รายการ คิดเป็นสัดส่วนสูงสุดของระบบ สะท้อนถึงปัญหาเรื่องการอุดตันหรือการเสื่อมสภาพจากการใช้งานต่อเนื่อง ซึ่งจำเป็นต้องได้รับการบำรุงรักษาอย่างใกล้ชิด รองลงมาคือ "ระบบควบคุม RO" ที่มีจำนวนใบแจ้งซ่อม 60 รายการ แสดงให้เห็นถึงความถี่ของปัญหาด้านเซนเซอร์หรืออุปกรณ์ควบคุมที่อาจได้รับผลกระทบจากสภาพแวดล้อมหรือการใช้งานที่ต้องการความแม่นยำสูง ขณะที่กลุ่มอุปกรณ์อื่น เช่น ปัม্পแรงดันสูง RO พบเพียง 4 รายการ และอุปกรณ์ประเภทแผ่นเมมเบรน สายท่อน้ำ และถังพักน้ำ RO ไม่พบการแจ้งซ่อมในช่วงเวลาที่วิเคราะห์ ซึ่งอาจเกิดจากความทนทานของอุปกรณ์หรือข้อจำกัดในการตรวจจับปัญหาที่ยังไม่ครอบคลุม ข้อมูลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า "ไส้กรอง" และ "ระบบควบคุม" เป็นจุดวิกฤตสำคัญของระบบ RO ที่ควรให้ความสำคัญในการวางแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกันอย่างต่อเนื่องและเป็นระบบ

ตารางที่ 5 จำนวนใบแจ้งซ่อมของระบบรีเวิร์สออสโมซิส จำแนกตาม Equipment Group

Equipment Group	จำนวนใบแจ้งซ่อม (ใบ)
ปั๊มแรงดันสูง RO	4
ไส้กรอง RO	74
แผ่นเมมเบรน RO	0
สายท่อน้ำ RO	0
ถังพักน้ำ RO	0
ระบบควบคุม RO	60
รวม	138



ภาพที่ 14 แผนภูมิสรุปจำนวนใบแจ้งซ่อม จากระบบใบแจ้งซ่อม ERP ก่อนดำเนินงานวิจัย

### 3.7 รวบรวมข้อมูลจากประวัติงานซ่อม เพื่อคำนวณค่าความพร้อมเดินเครื่องจักร (Machine Availability Factor: MAF) ณ ปัจจุบัน

โดยค่าความพร้อมเดินเครื่องจักร (Machine Availability Factor: MAF) คือ การวัดความพร้อมในการใช้งานของเครื่องจักรในระหว่างช่วงเวลาที่กำหนด ซึ่งช่วยในการประเมินว่ามีเครื่องจักรในสภาพที่สามารถทำงานได้มากน้อยแค่ไหน โดยไม่ถูกหยุดชะงักจากปัญหาหรือการซ่อมแซม ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$MAF = \frac{\text{เวลาที่เครื่องจักรทำงาน}}{\text{เวลารวมที่เครื่องจักรควรจะทำงานได้}} \times 100$$

โดยที่ :

- เวลาที่เครื่องจักรทำงาน หมายถึง เวลาที่เครื่องจักรพร้อมและสามารถทำงานได้จริง
- เวลารวมทั้งเครื่องจักรควรทำงานได้ หมายถึงเวลาที่เครื่องจักรควรพร้อมทำงานทั้งหมดในช่วงเวลา (รวมทั้งเวลาที่มีการหยุดซ่อมแซมและหยุดพัก)

จากการวิเคราะห์ประวัติใบแจ้งซ่อมของระบบรีเวิร์สออสโมซิสในช่วงปี พ.ศ. 2557-2566 พบว่า ค่าความพร้อมในการเดินเครื่องจักร (Machine Availability Factor: MAF) เฉลี่ยในปัจจุบันอยู่ที่ 87.5% ซึ่งหมายความว่าระบบสามารถทำงานได้จริงเฉลี่ยวันละ 21 ชั่วโมง จากเวลาที่กำหนดให้ทำงานเต็มวันคือ 24 ชั่วโมง โดยการคำนวณดังกล่าวได้จากการวิเคราะห์จำนวนครั้งของการหยุดระบบที่เกิดจากเหตุขัดข้องซ้ำ ๆ โดยเฉพาะในกรณีของการอุดตันของไส้กรอง RO ทั้งสองชุด (Cartridge Filter no.1 และ no.2) ซึ่งเมื่อเกิดขึ้นพร้อมกัน จำเป็นต้องหยุดระบบทั้งชุดเพื่อถอดล้างหรือเปลี่ยนไส้กรองใหม่ โดยใช้เวลาประมาณ 3 ชั่วโมงต่อครั้ง ซึ่งเมื่อพิจารณาจำนวนครั้งของเหตุการณ์นี้ย้อนหลังในแต่ละเดือน พบว่ามีความถี่เฉลี่ยที่ส่งผลให้ระบบต้องหยุดการทำงานประมาณวันละ 3 ชั่วโมง หรือคิดเป็น 12.5% ของเวลาทำงานทั้งหมด ซึ่งสอดคล้องกับค่า MAF = 87.5% โดยใช้สมการ:  $MAF (\%) = (\text{เวลาที่ระบบทำงานได้จริง} / \text{เวลาที่กำหนดให้ทำงาน}) \times 100$

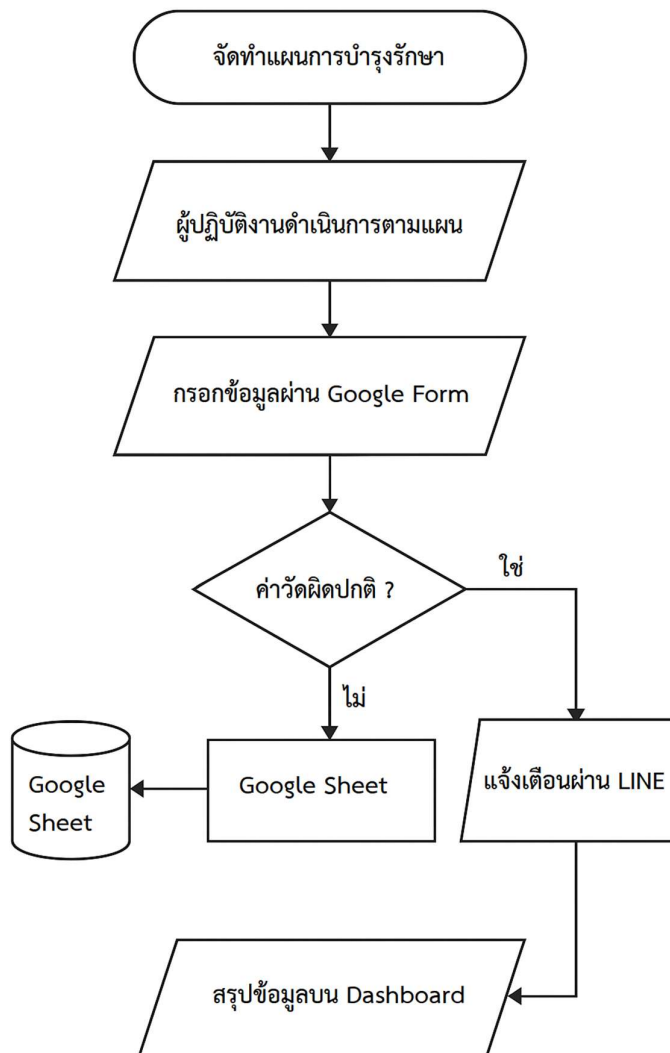
$$MAF = (21 / 24) \times 100 = 87.5\%$$

ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ ได้จากการรวบรวมสถิติใบแจ้งซ่อมและเวลาการหยุดเดินเครื่องจากระบบบันทึกซ่อมบำรุงย้อนหลังตลอดช่วง 10 ปี และผ่านการวิเคราะห์ร่วมกับเจ้าหน้าที่ซ่อมบำรุงและพนักงานเดินเครื่อง เพื่อยืนยันความถูกต้องของระยะเวลาและสาเหตุการหยุดระบบ ดังนั้น ค่าความพร้อมใช้งานที่ได้จึงสะท้อนภาพรวมของการทำงานระบบในสภาพปัจจุบันอย่างแม่นยำ และชี้ให้เห็นว่าการปรับปรุงแผนบำรุงรักษา โดยเฉพาะในส่วนของไส้กรอง RO เป็นปัจจัยสำคัญที่จะช่วยเพิ่มความเสถียรของระบบและลดเวลาหยุดได้อย่างมีนัยสำคัญ

### 3.8 กำหนดขอบเขตในการสร้างรูปแบบงานซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบรีเวิร์สออสโมซิสกรณีศึกษา

โดยเริ่มจากการจัดทำแผนการบำรุงรักษา (Preventive Maintenance Plan) ซึ่งกำหนดรอบเวลาและรายการตรวจสอบของแต่ละอุปกรณ์ จากนั้น ผู้ปฏิบัติงานดำเนินการตรวจสอบและบำรุงรักษาตามแผน พร้อมทั้ง กรอกข้อมูลผลการตรวจสอบผ่านแบบฟอร์ม Google Form ซึ่งลิงก์ไว้บนเว็บไซต์ Google Sites ข้อมูลที่ได้รับจะถูกจัดเก็บอัตโนมัติใน Google Sheets และระบบจะทำการ วิเคราะห์ข้อมูลที่กรอกเทียบกับค่ามาตรฐาน หากพบค่าผิดปกติ ระบบจะแจ้งเตือนอัตโนมัติผ่านแอปพลิเคชัน LINE โดยใช้บริการ IFTTT เพื่อให้ผู้เกี่ยวข้องทราบทันที และสามารถดำเนินการแก้ไขได้ทันที ทั้งนี้ ข้อมูลทั้งหมดจะถูกส่งต่อไปยัง Google Data Studio เพื่อแสดงผลในรูปแบบ Dashboard ช่วยให้ผู้บริหารหรือทีมซ่อมบำรุงสามารถติดตามสถานะเครื่องจักรแบบเรียลไทม์ วิเคราะห์แนวโน้มปัญหา และประเมินประสิทธิภาพของแผนบำรุงรักษาได้อย่างเป็นระบบ ทั้งนี้

กระบวนการทั้งหมดถูกออกแบบให้สอดคล้องกับหลักการบำรุงรักษาตามมาตรฐาน และสามารถนำไปปฏิบัติได้จริงในสภาพแวดล้อมการผลิต แสดงดัง Flowchart ตามภาพที่ 15 ดังนี้



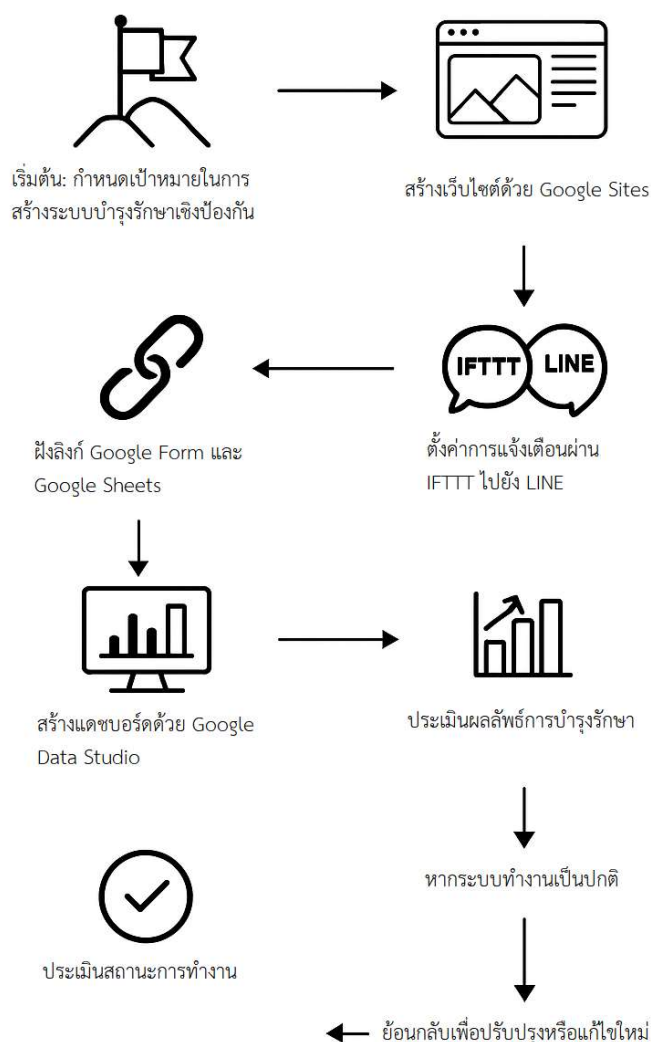
ภาพที่ 15 Flowchart กำหนดขอบเขตในการสร้างรูปแบบงานซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

### 3.9 กำหนดขั้นตอน ออกแบบรูปแบบการจัดทำระบบงานซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบรีเวิร์สออสโมซิส กรณีศึกษา ในรูปแบบดิจิทัล

ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาระบบบำรุงรักษาเชิงป้องกันในรูปแบบดิจิทัลสำหรับระบบรีเวิร์สออสโมซิส (RO) แสดงได้ดังภาพที่ 16 ประกอบด้วย 7 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

1) กำหนดเป้าหมายของระบบ โดยเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพการบำรุงรักษาและลดความเสี่ยงจากการหยุดเดินเครื่อง

- 2) จัดทำเว็บไซต์หลักผ่าน Google Sites เพื่อเป็นศูนย์กลางของระบบสารสนเทศ ให้ผู้ใช้งานเข้าถึงข้อมูลและแบบฟอร์มต่าง ๆ ได้อย่างสะดวก
- 3) ผังลิงก์ Google Form และ Google Sheets เพื่อให้เจ้าหน้าที่สามารถกรอกข้อมูล การตรวจสอบ และระบบจะบันทึกข้อมูลโดยอัตโนมัติ
- 4) เชื่อมต่อระบบแจ้งเตือนผ่านแพลตฟอร์ม IFTTT ไปยังแอปพลิเคชัน LINE เพื่อแจ้งเตือนทีมงานเมื่อมีการบันทึกข้อมูลหรือพบความผิดปกติ
- 5) จัดทำแดชบอร์ดด้วย Google Data Studio เพื่อแสดงผลข้อมูลในรูปแบบภาพรวมที่เข้าใจง่ายและสามารถติดตามได้แบบเรียลไทม์
- 6) ประมวลผลข้อมูลเพื่อสรุปผลการดำเนินงานของกิจกรรมบำรุงรักษา
- 7) ประเมินสถานะการทำงาน หากพบว่าระบบมีเสถียรภาพและทำงานได้ตามปกติ ถือว่าการบำรุงรักษาประสบผลสำเร็จ แต่หากยังพบปัญหา จะมีการย้อนกลับเพื่อดำเนินการปรับปรุงและแก้ไขในขั้นตอนก่อนหน้า

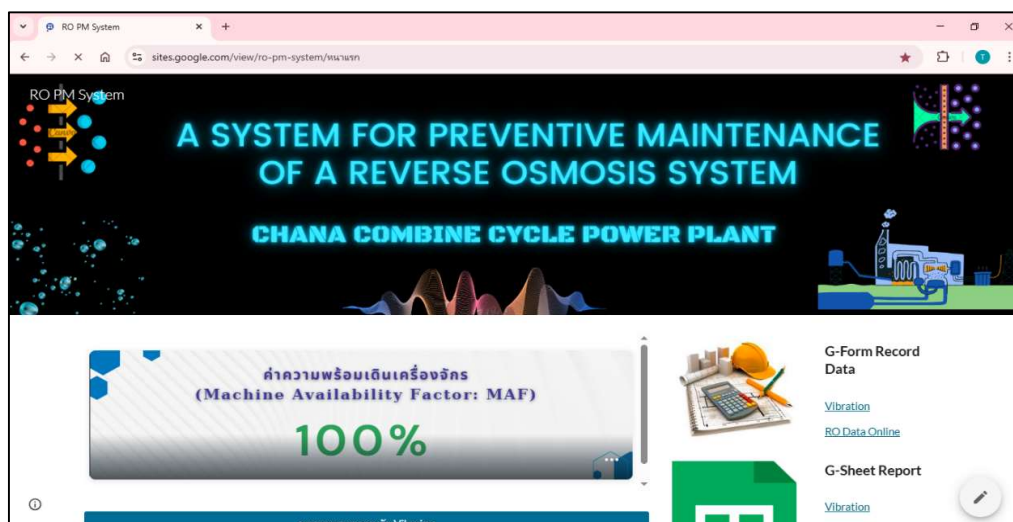


ภาพที่ 16 ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาระบบบำรุงรักษาเชิงป้องกันในรูปแบบดิจิทัล

### 3.10 สร้างเว็บไซต์ด้วย Google Sites

เว็บไซต์ <https://sites.google.com/view/ro-pm-system> ได้รับการพัฒนาโดยใช้ Google Sites ซึ่งเป็นเครื่องมือสร้างเว็บไซต์เชิงโต้ตอบ (interactive web builder) ที่ให้บริการโดย Google โดยได้ทำการออกแบบเว็บไซต์ผ่านการลากและวางองค์ประกอบต่าง ๆ เช่น ข้อความ รูปภาพ วิดีโอ ปุ่มเชื่อมโยง เอกสาร หรือไฟล์จาก Google Drive ภายใต้การจัดวางโครงสร้างแบบหน้าเพจ (Page-based structure) เพื่อแบ่งหมวดหมู่เนื้อหาให้เป็นระบบ เช่น หน้าแนะนำระบบ หน้าขั้นตอนการทำงาน และหน้าคู่มือการใช้งาน เป็นต้น ทั้งนี้ได้ปรับแต่งรูปแบบของเว็บไซต์ด้วยการเลือกธีม สี และฟอนต์ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การนำเสนอ โดยเว็บไซต์ RO-PM System ถูกเผยแพร่ผ่าน URL ที่กำหนดเพื่อใช้เป็นเครื่องมือเผยแพร่ข้อมูลงานวิจัยเกี่ยวกับการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive

Maintenance) ของระบบกรองน้ำ RO ในรูปแบบออนไลน์ เพื่อส่งเสริมให้เกิดการเข้าถึงข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้อง และสอดคล้องกับหลักการสื่อสารเชิงวิชาการผ่านสื่อดิจิทัลในยุคปัจจุบัน แสดงตัวอย่างได้ดังภาพที่ 17



ภาพที่ 17 ตัวอย่างหน้าเว็บไซต์ของ RO PM System

### 3.11 กำหนดมาตรฐานการบำรุงรักษา

ได้จัดทำแผนงานระบบการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันรายปี โดยใช้โปรแกรม Google Sheets ครอบคลุมช่วงเวลาตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2567 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2568 ดังแสดงในภาพที่ 18 และเผยแพร่ผ่านหน้าเมนูเว็บไซต์ รวมถึงบูรณาการข้อมูลเข้าสู่หน้าเว็บปฏิบัติงานตามที่แสดงในภาพที่ 19 นอกจากนี้ได้มีการเชื่อมโยงระบบแจ้งเตือนกำหนดการซ่อมบำรุงผ่านแอปพลิเคชัน Line กลุ่มพนักงานซ่อมบำรุงที่รับผิดชอบงานบำรุงรักษาระบบรีเวอร์สออสโมซิส ซึ่งแสดงตัวอย่างในภาพที่ 20 ตามลำดับ

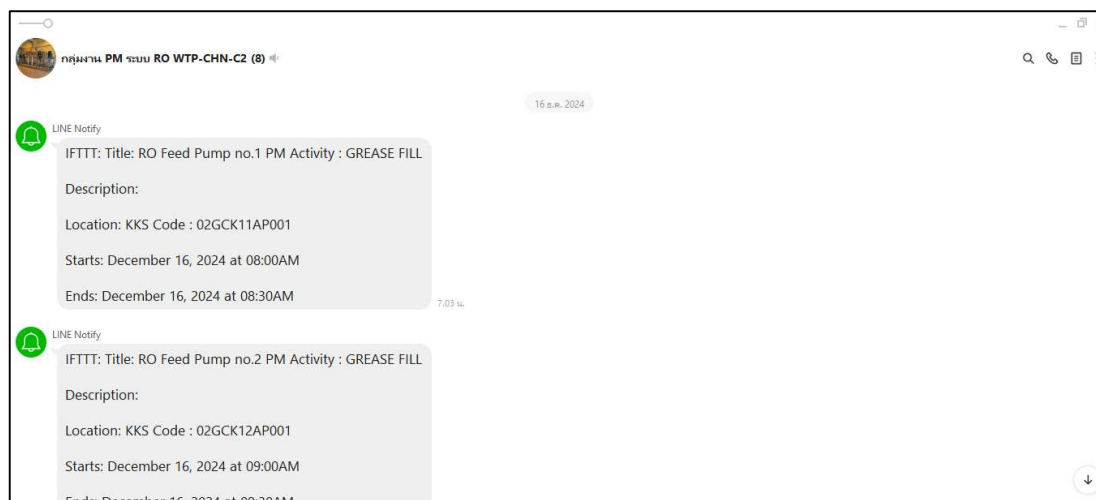
แผนการบำรุงรักษา เครื่องมือ เครื่องจักร (Preventive Maintenance Plan) ระบบรีเวิร์สออสโมซิส โรงไฟฟ้าจระ: ประจําปี : พ.ศ.2567 - 2568																																	
ลำดับ	หมวดเครื่องจักร	ชื่อเครื่องจักร	KKS Code	PM Activity	งานบริการ P	ปี 2567												ปี 2568															
						พ.ย.-67				ธ.ค.-67				ม.ค.-68				ก.พ.-68				มี.ค.-68				เม.ย.-68				พ.ค.-68			
						1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
		RO Pass2 High Pressure Pump no.2	02GCK32AP001	GREASE FILL	4 Week			x			x			x			x			x			x			x			x				
		RO Pass2 High Pressure Pump no.2	02GCK32AP001	VIBRATION & TEMP. CHECK & report	2 Week	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
2	Cartridge Filter	Cartridge Filter for RO no.1	02GCB21AT001	Inspection & Clean	2 Week	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
		Cartridge Filter for RO no.1	02GCB21AT001	Change New Filter	6 Week			x			x			x			x			x			x			x			x				
		Cartridge Filter for RO no.2	02GCB22AT001	Inspection & Clean	2 Week	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
		Cartridge Filter for RO no.2	02GCB22AT001	Change New Filter	6 Week			x			x			x			x			x			x			x			x				
3	RO Membranes	RO Pass 1 Stage 1 Membrane	02GCF01AT001	Chemical clean of membranes	6 Week			x			x			x			x			x			x			x			x				
		RO Pass 1 Stage 1 Membrane	02GCF02AT001	Chemical clean of membranes	6 Week			x			x			x			x			x			x			x			x				
		RO Pass 1 Stage 1 Membrane	02GCF03AT001	Chemical clean of membranes	6 Week			x			x			x			x			x			x			x			x				
		RO Pass 1 Stage 1 Membrane	02GCF04AT001	Chemical clean of membranes	6 Week			x			x			x			x			x			x			x			x				
		RO Pass 1 Stage 1 Membrane	02GCF05AT001	Chemical clean of membranes	6 Week			x			x			x			x			x			x			x			x				
		RO Pass 1 Stage 1 Membrane	02GCF06AT001	Chemical clean of membranes	6 Week			x			x			x			x			x			x			x			x				
		RO Pass 1 Stage 2 Membrane	02GCF11AT001	Chemical clean of membranes	6 Week			x			x			x			x			x			x			x			x				
		RO Pass 1 Stage 2 Membrane	02GCF12AT001	Chemical clean of membranes	6 Week			x			x			x			x			x			x			x			x				
		RO Pass 1 Stage 2 Membrane	02GCF13AT001	Chemical clean of membranes	6 Week			x			x			x			x			x			x			x			x				
		RO Pass 2 Stage 1 Membrane	02GCF21AT001	Chemical clean of membranes	6 Week			x			x			x			x			x			x			x			x				
		RO Pass 2 Stage 1 Membrane	02GCF22AT001	Chemical clean of membranes	6 Week			x			x			x			x			x			x			x			x				
		RO Pass 2 Stage 2 Membrane	02GCF31AT001	Chemical clean of membranes	6 Week			x			x			x			x			x			x			x			x				
		RO Pass 2 Stage 2 Membrane	02GCF32AT001	Chemical clean of membranes	6 Week			x			x			x			x			x			x			x			x				
4	RO Permeate Hoses	RO Permeate Hoses	N/A	Check for integrity and replace if require	2 Week	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				

ภาพที่ 18 ตัวอย่างรูปแบบแผนงานระบบซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันรายปี  
จัดทำผ่านโปรแกรม Google Sheets

วันนี้ < > ธันวาคม 2024							เดือน	
จ.	อ.	พ.	พท.	ศ.	ส.	อา.		
25	26	27	28	29	30	1 ธ.ค.		
		• 1pm Conductivity Meter		• 11am เก็บค่า RO Online Re				
2	3	4	5	6	7	8		
• 2pm pH Meter PM Activi • 2:30pm Pressure Transd สัปดาห์ 2 รายการ	• 8am RO Feed Pump no.1 • 8am RO Pass1 High Pres สัปดาห์ 7 รายการ	• 9am Pressure Transduce • 11am Pressure Transduc สัปดาห์ 2 รายการ	• 8am RO Permeate Hoses • 9am RO Permeate Tank I สัปดาห์ 4 รายการ	• 8:30am Pressure Transd • 9:30am Pressure Transd สัปดาห์ 9 รายการ				
9	10	11	12	13	14	15		
• 8am Cartridge Filter for • 9am Cartridge Filter for	• 8am RO Pass 1 Stage 1 M • 9am RO Pass 1 Stage 1 M สัปดาห์ 5 รายการ	• 8am RO Pass 1 Stage 2 M • 9am RO Pass 1 Stage 2 M สัปดาห์ 5 รายการ		• 8am RO Permeate Tank I • 11am เก็บค่า RO Online Re				
16	17	18	19	20	21	22		
• 8am RO Feed Pump no.1 • 9am RO Feed Pump no.2 สัปดาห์ 4 รายการ	• 8am RO Feed Pump no.1 • 8am RO Pass1 High Pres สัปดาห์ 7 รายการ	• 9am Pressure Transduce • 10am RO Pass1 High Pre สัปดาห์ 5 รายการ	• 8am RO Permeate Hoses • 9am RO Permeate Tank I สัปดาห์ 4 รายการ	• 8:30am Pressure Transd • 9:30am Pressure Transd สัปดาห์ 10 รายการ				
23	24	25	26	27	28	29		
		• 1pm Conductivity Meter		• 11am เก็บค่า RO Online Re				
30	31	1 ม.ค.	2	3	4	5		
	• 8am RO Pass1 High Pres		• 8am RO Permeate Hoses • 9am RO Permeate Tank I สัปดาห์ 4 รายการ	• 8:30am Pressure Transd • 9:30am Pressure Transd สัปดาห์ 9 รายการ				

Calendar PM System  
เพิ่มใน Google ปฏิทิน

ภาพที่ 19 ตัวอย่างกิจกรรมงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันตามแผน ที่นำแสดงไว้ในหน้าเว็บปฏิทินงาน



ภาพที่ 20 ตัวอย่างการแจ้งเตือนกิจกรรมงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันตามแผน ผ่านทาง Line Notify

### 3.12 จัดทำมาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร

จัดทำมาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักรให้ครอบคลุมในทุกองค์ประกอบหลักของระบบ โดยแบ่งออกเป็น 6 หมวดหมู่หลัก ดังนี้

#### 1. มาตรฐานการบำรุงรักษาปั๊มแรงดันสูง RO (RO Vertical Multistage Pump):

กำหนดแนวทางการตรวจสอบแรงดัน เสียงรบกวน การสั่นสะเทือน การรั่วซึม การหล่อลื่น และการเปลี่ยนซีลหรืออะไหล่ตามรอบเวลา เพื่อให้ปั๊มสามารถส่งน้ำเข้าสู่ระบบ RO ด้วยแรงดันที่เหมาะสมอย่างต่อเนื่อง

#### 2. มาตรฐานการบำรุงรักษาไส้กรอง RO (RO Cartridge Filter):

มุ่งเน้นการตรวจสอบแรงดันก่อน-หลังไส้กรอง การเปลี่ยนไส้กรองตามค่าความต่างของแรงดันหรือระยะเวลาที่กำหนด เพื่อป้องกันการอุดตันที่อาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของระบบโดยรวม

#### 3. มาตรฐานการบำรุงรักษาแผ่นเมมเบรน RO (RO Membranes):

กำหนดการตรวจสอบคุณภาพน้ำก่อน-หลังการกรอง ค่าการนำไฟฟ้า (EC), ค่าแรงดันย้อนกลับ (Back Pressure), การล้างเมมเบรน (Chemical Cleaning) และการเปลี่ยนเมมเบรนตามรอบการใช้งาน เพื่อยืดอายุและรักษาประสิทธิภาพการกรอง

#### 4. มาตรฐานการบำรุงรักษาสายท่อน้ำ RO (RO Permeate Hoses):

ตรวจสอบการรั่วซึม การเสื่อมสภาพของวัสดุ จุดต่อสาย รวมถึงการทำความสะอาดคราบสะสมภายในท่อ เพื่อป้องกันการปนเปื้อนและรักษาคุณภาพน้ำ

#### 5. มาตรฐานการบำรุงรักษาถังพักน้ำ RO (RO Tank):

ครอบคลุมการตรวจสอบระดับน้ำ การล้างถังเพื่อลดการสะสมของตะกอนหรือแบคทีเรีย การตรวจสอบวาล์วและอุปกรณ์ประกอบ เพื่อให้มั่นใจว่าระบบจัดเก็บน้ำสะอาดปลอดภัยและพร้อมจ่ายน้ำสม่ำเสมอ

#### 6. มาตรฐานการบำรุงรักษาอุปกรณ์ระบบควบคุม RO (RO Instrumentation & Control – I&C):

เน้นการตรวจสอบและสอบเทียบอุปกรณ์ควบคุม เช่น เซนเซอร์วัดแรงดัน วัดการนำไฟฟ้า (EC), แผงควบคุมไฟฟ้า รีเลย์ และระบบแจ้งเตือน เพื่อให้ระบบควบคุมสามารถทำงานอย่างแม่นยำ และตอบสนองได้ทันทีเมื่อตรวจพบความผิดปกติ

โดยได้จัดทำผ่านโปรแกรม Google Sheets และนำไปแสดงไว้ในเมนูหน้าเว็บไซต์ แสดงดังภาพตัวอย่างมาตรฐานการบำรุงรักษาปั๊มแรงดันสูง RO (RO Vertical multistage pump) ตามภาพที่ 21

<b>มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร ระบบ RO : อุปกรณ์ Pump</b>	
ชื่อเครื่องจักร : RO Feed Pump no.1	KKS Code : 02GCK11AP001
	
ข้อมูลเทคนิค	Motor 11 kW , n 2924 rpm, Q 45 m3/h (Direct Coupling)
รายละเอียดการตรวจสอบ	มาตรฐานการตรวจสอบ
ตรวจสอบการกดขัน Bolt & Nut ต่าง ๆ	ดูว่าทุกตัวถูกขันแน่น ไม่หลวม
ตรวจสอบรอยรั่วบริเวณ Casing	ดูว่าไม่มีรอยรั่วบริเวณ Casing
ตรวจสอบการทำงานของ Pump	ฟังเสียงของ Pump ว่าปกติ ไม่มีการสั่นของ Pump ที่ผิดปกติ
ตรวจสอบความสะอาดของตัว Pump	ตัว Pump และบริเวณโดยรอบต้องสะอาด
ตรวจสอบการทำงานของ Motor	ฟังเสียงของ Motor ว่าปกติ ไม่มีการสั่นของ Motor ที่ผิดปกติ , ตรวจวัดโดย Vibration Portable ต้องมีค่าไม่เกิน 5 mm/s
ตรวจสอบความสะอาดของ Motor	Motor และบริเวณโดยรอบต้องสะอาด
ตรวจสอบ Bearing ของ Motor	ไม่มีเสียงดังผิดปกติ
ตรวจสอบความร้อนของ Motor	สามารถวางมือบน Motor ได้เกิน 10 sec. , ตรวจวัดโดย Temp.Gun ต้องมีค่าไม่เกิน 80 องศาC
เปลี่ยนถ่ายจาระบี (GREASE FILL)	ทำการเปลี่ยนถ่ายทุก 4 Weeks โดยใช้จาระบี "เชลล์ กาดส S2 V100" ปริมาณ 85 g

ภาพที่ 21 ตัวอย่างมาตรฐานการบำรุงรักษาปั๊มแรงดันสูง RO (RO Vertical multistage pump)

### 3.13 ดำเนินการงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันตามแผนงานระบบซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันรายปี และมาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร

ดำเนินงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันให้เป็นไปตามแผนงานระบบซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันรายปี และสอดคล้องกับมาตรฐานการบำรุงรักษาที่ระบุไว้ในหัวข้อ 3.11 และ 3.12 โดยหัวข้อ 3.11 กล่าวถึงแนวทางการจัดทำแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันซึ่งครอบคลุมการวางกำหนดเวลา กำหนดรายการตรวจสอบ และระบุความถี่ในการดำเนินงานตามลักษณะการใช้งานของเครื่องจักร ขณะที่หัวข้อ 3.12 มุ่งเน้นการปฏิบัติงานตามมาตรฐาน เช่น การตรวจสอบความพร้อมของเครื่องมือ อุปกรณ์ อะไหล่ และวิธีการบันทึกผลการดำเนินงานอย่างเป็นระบบ เพื่อนำไปใช้ประเมินประสิทธิภาพของแผนบำรุงรักษา ทั้งนี้ แนวทางดังกล่าวได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้กับระบบบรีเวียร์สออสโมซิสในกรณีศึกษา โดยมีตัวอย่างกระบวนการดำเนินงานแสดงไว้ในภาพที่ 22 ถึง 27



ภาพที่ 22 ตัวอย่างระหว่างทำการ GREASE FILL of RO Pump



ภาพที่ 23 ตัวอย่างระหว่างทำการ VIBRATION & TEMP. CHECK of RO Pump



ภาพที่ 24 ตัวอย่างระหว่างทำการ Inspection & Clean of Cartridge Filter for RO



ภาพที่ 25 ตัวอย่างระหว่างทำการ Chemical clean of RO membranes



ภาพที่ 26 ตัวอย่างระหว่างทำการ Visual Check of RO Permeate Tank & Level



ภาพที่ 27 ตัวอย่างระหว่างทำการ Check Calibration of I&C Equipment

### 3.14 การบันทึกค่า ตรวจวัด เก็บข้อมูล จากอุปกรณ์ Sensor ตรวจวัดค่าสำคัญต่าง ๆ

ในการดำเนินงานวิจัยนี้ได้มีการใช้ข้อมูลจากการตรวจวัดและบันทึกค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่มีความสำคัญต่อสภาพการทำงานของเครื่องจักร โดยอาศัยข้อมูลจากอุปกรณ์เซนเซอร์ที่ติดตั้งในระบบ เช่น ค่าความดันตกคร่อม อุณหภูมิ และอัตราการไหล ตลอดจนการใช้เครื่องมือแบบพกพา (Portable Instruments) เช่น เครื่องวัดความสั่นสะเทือน (Vibration Meter) และเครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรด (Infrared Thermometer) เพื่อเก็บข้อมูลเพิ่มเติมจากจุดที่ไม่สามารถติดตั้งเซนเซอร์ถาวรได้ ข้อมูลทั้งหมดนี้ถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อใช้ในการติดตามสภาพการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ในระบบ เพื่อให้สามารถตรวจพบแนวโน้มของปัญหาก่อนที่จะเกิดความเสียหายรุนแรง และดำเนินการซ่อมแซมได้อย่างทันท่วงที โดยในการศึกษานี้ได้มุ่งเน้นการตรวจวัดค่าความสั่นสะเทือน (Vibration) และอุณหภูมิของตลับลูกปืน (Bearing Temperature) บริเวณปั๊มน้ำแรงดันสูง (RO Pump) ในระบบรีเวิร์สออสโมซิส (RO) จำนวนทั้งสิ้น 6 เครื่อง โดยประกอบด้วยปั๊มน้ำเข้าสู่ระบบ RO (RO Feed Pump) และปั๊มน้ำแรงดันสูงในแต่ละขั้นตอนของระบบ RO ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- (1) ปั๊มน้ำระบบ RO หมายเลข 1 (RO Feed Pump No.1, KKS Code: GCK11AP001)
- (2) ปั๊มน้ำระบบ RO หมายเลข 2 (RO Feed Pump No.2, KKS Code: GCK12AP001)
- (3) ปั๊มน้ำแรงดันสูงระบบ RO ชั้นที่ 1 หมายเลข 1 (RO Pass 1 High Pressure Pump No.1, KKS Code: 02GCK21AP001)
- (4) ปั๊มน้ำแรงดันสูงระบบ RO ชั้นที่ 1 หมายเลข 2 (RO Pass 1 High Pressure Pump No.2, KKS Code: 02GCK22AP001)
- (5) ปั๊มน้ำแรงดันสูงระบบ RO ชั้นที่ 2 หมายเลข 1 (RO Pass 2 High Pressure Pump No.1, KKS Code: 02GCK31AP001)
- (6) ปั๊มน้ำแรงดันสูงระบบ RO ชั้นที่ 2 หมายเลข 2 (RO Pass 2 High Pressure Pump No.2, KKS Code: 02GCK32AP001)

นอกจากนี้ ยังได้ทำการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ค่าผลต่างของแรงดันตกคร่อม (RO Differential Pressure Online) ซึ่งเป็นพารามิเตอร์สำคัญในการประเมินประสิทธิภาพของการกรองในระบบรีเวิร์สออสโมซิส (Reverse Osmosis: RO) โดยค่าดังกล่าวสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ภาวะการอุดตันของเมมเบรนหรือความผิดปกติของการไหลภายในระบบ ซึ่งหากมีค่าที่สูงเกินเกณฑ์มาตรฐาน อาจแสดงถึงการสะสมของตะกอนหรือสารปนเปื้อนที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานและอายุการใช้งานของอุปกรณ์ ในการศึกษานี้ได้ดำเนินการตรวจวัดค่า RO Differential Pressure แบบออนไลน์ จำนวน 5 ตัวอย่าง เพื่อใช้ประกอบการวิเคราะห์แนวโน้มการเสื่อมสภาพของระบบและสนับสนุนแนวทางการวางแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกันอย่างมีประสิทธิภาพ โดยประกอบด้วย

- (1) ค่าผลต่างแรงดันของไส้กรองคาร์ทริดจ์บริเวณทางออกของระบบ RO (Diff. Pressure of Cartridge Filter RO Outlet) ซึ่งใช้ประเมินประสิทธิภาพของการกรองเบื้องต้นก่อนเข้าสู่เมมเบรน
- (2) ค่าผลต่างแรงดันของทางออกในขั้นตอนที่ 1 ระยะที่ 1 ซึ่งเป็นส่วนของน้ำซึมผ่าน (Permeate) ของระบบ RO ชั้นที่ 1 (Diff. Pressure of RO Pass I Outlet Pass I Stage I)

(3) ค่าผลต่างแรงดันของทางออกในขั้นตอนที่ 1 ระยะที่ 2 ซึ่งเป็นส่วนของน้ำทิ้งหรือน้ำเข้มข้น (Reject: Concentrate) ของระบบ RO ชั้นที่ 1 (Diff. Pressure of RO Pass I Outlet Pass I Stage II)

(4) ค่าผลต่างแรงดันของทางออกในขั้นตอนที่ 2 ระยะที่ 1 ซึ่งเป็นส่วนของน้ำซึมผ่านของระบบ RO ชั้นที่ 2 (Diff. Pressure of RO Pass II Outlet Pass II Stage I)

(5) ค่าผลต่างแรงดันของทางออกในขั้นตอนที่ 2 ระยะที่ 2 ซึ่งเป็นน้ำทิ้งที่ย้อนกลับไปยังน้ำป้อนของระบบ RO ชั้นที่ 1 (Diff. Pressure of RO Pass II Outlet Pass I Stage II to RO Pass I Feed)

การบันทึกข้อมูลค่าตรวจวัดในงานวิจัยนี้ดำเนินการผ่านแบบฟอร์มอิเล็กทรอนิกส์ด้วยโปรแกรม Google Form ซึ่งออกแบบมาเพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถกรอกข้อมูลได้อย่างสะดวก รวดเร็ว และลดความผิดพลาดจากการบันทึกด้วยมือ โดยตัวอย่างการออกแบบฟอร์มแสดงไว้ในภาพที่ 28 และ 29 ทั้งนี้ ข้อมูลที่บันทึกผ่านแบบฟอร์มจะถูกจัดเก็บเข้าสู่ฐานข้อมูลโดยอัตโนมัติในรูปแบบตารางผ่านโปรแกรม Google Sheets ซึ่งสามารถนำไปใช้วิเคราะห์และประมวลผลต่อเนื่องได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างการจัดเก็บข้อมูลแสดงไว้ในภาพที่ 30 และ 31

The image shows a Google Form titled "vibration record". At the top, there is a decorative header with colorful, wavy lines. Below the title, the form is associated with the email "mechanicaltid@gmail.com" and has a "ไม่ใช้ร่วมกัน" (Not shared) status. A red asterisk warning states "\* ระบุว่าเป็นสถานีที่จำเป็น" (Specify as necessary station). The form contains two required fields: "Pump \*" with a dropdown menu showing "RO Feed Pump no.1 KKS Code : 02GCK11AP001" and "Position \*" with a dropdown menu showing "postion1".

ภาพที่ 28 ตัวอย่าง Google Form สำหรับบันทึกค่าตรวจวัดค่าการสั่นสะเทือน และ อุณหภูมิตัวลูกปืน ของ RO Pump

## RO Data Online

mechanicaltid@gmail.com สลับบัญชี ☁

ไม่ใช้ร่วมกัน

\* ระบุว่าเป็นศาลาามที่จำเป็น

---

Sample \*

Cartridge filter RO Outlet

RO pass I Outlet pass I stage I (Permeate)

RO pass I Outlet pass I stage II (Reject : Concentrate)

RO pass II Outlet pass II stage I (Permeate)

RO pass II Outlet pass I stage II (Reject : Concentrate) To RO Pass I Feed

---

Diff. Pressure (bar)

คำตอบของคุณ

ภาพที่ 29 ตัวอย่าง Google Form สำหรับบันทึกค่าผลต่างแรงดันตกคร่อม

Form_Responses1	ปรังห์เวลา	Pump	Position	V (mm/s)	H (mm/s)	A (mm/s)	temp (C)	ผู้บันทึก	Remark
	5/11/2024, 10:29:01	RO Feed Pump no.1 KKS Code : 02GCK11AP001	postion1	1.20	0.80	0.50	34.2		สภาพทั่วไปปกติ
	5/11/2024, 10:29:22	RO Feed Pump no.1 KKS Code : 02GCK11AP001	postion2	1.20	0.80	1.00	35.0		สภาพทั่วไปปกติ
	19/11/2024, 9:27:03	RO Feed Pump no.1 KKS Code : 02GCK11AP001	postion1	1.70	0.70	0.80	34.4		สภาพทั่วไปปกติ
	19/11/2024, 9:27:45	RO Feed Pump no.1 KKS Code : 02GCK11AP001	postion2	0.80	1.20	0.90	35.2		สภาพทั่วไปปกติ
	3/12/2024, 13:23:33	RO Feed Pump no.1 KKS Code : 02GCK11AP001	postion1	1.40	0.90	0.40	34.0		สภาพทั่วไปปกติ
	3/12/2024, 13:23:55	RO Feed Pump no.1 KKS Code : 02GCK11AP001	postion2	1.00	0.90	1.00	35.1		สภาพทั่วไปปกติ
	17/12/2024, 10:15:01	RO Feed Pump no.1 KKS Code : 02GCK11AP001	postion1	1.60	0.50	0.80	34.3		สภาพทั่วไปปกติ
	17/12/2024, 10:15:31	RO Feed Pump no.1 KKS Code : 02GCK11AP001	postion2	1.10	1.00	0.90	35.3		สภาพทั่วไปปกติ
	14/1/2025, 13:15:49	RO Feed Pump no.1 KKS Code : 02GCK11AP001	postion1	1.70	0.80	0.70	34.4		สภาพทั่วไปปกติ
	14/1/2025, 13:16:01	RO Feed Pump no.1 KKS Code : 02GCK11AP001	postion2	1.00	0.90	0.80	35.0		สภาพทั่วไปปกติ
	28/1/2025, 9:27:03	RO Feed Pump no.1 KKS Code : 02GCK11AP001	postion1	1.60	0.60	0.50	34.4		สภาพทั่วไปปกติ
	28/1/2025, 9:27:50	RO Feed Pump no.1 KKS Code : 02GCK11AP001	postion2	1.00	0.80	0.80	35.2		สภาพทั่วไปปกติ

ภาพที่ 30 ตัวอย่างบันทึกค่าจากการตรวจวัดการสั่นสะเทือน และอุณหภูมิตัวลูกปืนของ RO Pump ผ่านโปรแกรม Google Form

Form Responses1	Sample	Diff. Pressure (bar)	ผู้บันทึกข้อมูล	หมายเหตุ
1/11/2024, 10:38:44	Cartridge filter RO Outlet	0.5		ค่า Parameter อื่นๆ อยู่ในเกณฑ์ควบคุมปกติ
1/11/2024, 10:40:04	RO pass I Outlet pass I stage I (Permeate)	0.9		ค่า Parameter อื่นๆ ยังอยู่ในเกณฑ์ควบคุมปกติ
1/11/2024, 10:40:30	RO pass I Outlet pass I stage II (Reject : Concentrate)	0.4		ค่า Parameter อื่นๆ ยังอยู่ในเกณฑ์ควบคุมปกติ
1/11/2024, 10:40:56	RO pass II Outlet pass II stage I (Permeate)	0.9		ค่า Parameter อื่นๆ ยังอยู่ในเกณฑ์ควบคุมปกติ
1/11/2024, 10:41:09	RO pass II Outlet pass II stage II (Reject : Concentrate) To RO Pass I Feed	0.3		ค่า Parameter อื่นๆ ยังอยู่ในเกณฑ์ควบคุมปกติ
8/11/2024, 10:41:44	Cartridge filter RO Outlet	0.7		ค่า Parameter อื่นๆ ยังอยู่ในเกณฑ์ควบคุมปกติ
8/11/2024, 10:42:02	RO pass I Outlet pass I stage I (Permeate)	0.6		ค่า Parameter อื่นๆ ยังอยู่ในเกณฑ์ควบคุมปกติ
8/11/2024, 10:45:09	RO pass I Outlet pass I stage II (Reject : Concentrate)	0.4		ค่า Parameter อื่นๆ ยังอยู่ในเกณฑ์ควบคุมปกติ
8/11/2024, 10:45:28	RO pass II Outlet pass II stage I (Permeate)	0.8		ค่า Parameter อื่นๆ ยังอยู่ในเกณฑ์ควบคุมปกติ
8/11/2024, 10:45:56	RO pass II Outlet pass II stage II (Reject : Concentrate) To RO Pass I Feed	0.4		ค่า Parameter อื่นๆ ยังอยู่ในเกณฑ์ควบคุมปกติ
15/11/2024, 10:46:33	Cartridge filter RO Outlet	0.7		ค่า Parameter อื่นๆ ยังอยู่ในเกณฑ์ควบคุมปกติ
15/11/2024, 10:46:55	RO pass I Outlet pass I stage I (Permeate)	0.4		ค่า Parameter อื่นๆ ยังอยู่ในเกณฑ์ควบคุมปกติ

ภาพที่ 31 ตัวอย่างบันทึกค่าผลต่างแรงดันตกคร่อม ผ่านโปรแกรม Google Form

ในการศึกษานี้ ได้ดำเนินการตรวจสอบและติดตาม (Monitoring) แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่าการสั่นสะเทือนและอุณหภูมิตัวลูกปืนของเครื่องสูบน้ำแรงดันสูง (RO Pump) ภายในระบบรีเวิร์สออสโมซิส (RO) โดยมีการกำหนดค่ามาตรฐานการแจ้งเตือน (Alarm) เพื่อให้สามารถดำเนินการบำรุงรักษาเชิงป้องกันได้อย่างทันท่วงทีก่อนเกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์

สำหรับค่าการสั่นสะเทือน ได้อ้างอิงตามมาตรฐาน ISO 10816-7 ซึ่งเป็นมาตรฐานสำหรับการประเมินความรุนแรงของการสั่นสะเทือนในปั๊มโรโตไดนามิกสำหรับงานอุตสาหกรรม โดยกำหนดขีดจำกัดของค่าความเร็วการสั่นสะเทือน (Vibration Velocity) ที่ยอมรับได้สำหรับปั๊มที่กำลังขับมากกว่า 1 กิโลวัตต์ ดังนี้:

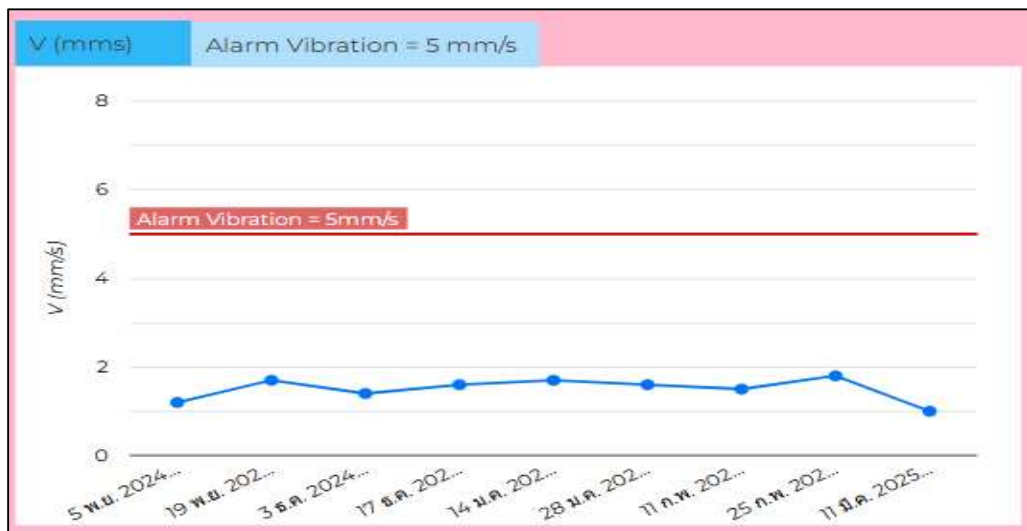
- โซน A และ B: ปั๊มอยู่ในสภาวะที่ยอมรับได้สำหรับการใช้งานต่อเนื่อง
- โซน C: ปั๊มอยู่ในสภาวะที่ยอมรับได้สำหรับการใช้งานต่อเนื่อง แต่ควรมีการตรวจสอบอย่างใกล้ชิด
- โซน D: ค่าการสั่นสะเทือนเกินขีดจำกัดที่ยอมรับได้ ควรดำเนินการแก้ไขทันที

โดยในกรณีของปั๊ม ในกรณีศึกษานี้ ที่มีกำลังขับมากกว่า 1 กิโลวัตต์ แต่ไม่เกิน 200 กิโลวัตต์ และมีความเร็วรอบระหว่าง 1,200 ถึง 3,600 รอบต่อนาที ค่าความเร็วการสั่นสะเทือนที่อยู่ในโซน C จะอยู่ระหว่าง 4.5 ถึง 7.1 มิลลิเมตรต่อวินาที (mm/s) ดังนั้น ในการศึกษานี้ ได้กำหนดค่าแจ้งเตือน (Alarm) ที่ 5 mm/s เพื่อให้สามารถดำเนินการตรวจสอบและบำรุงรักษาได้ก่อนที่ค่าการสั่นสะเทือนจะเข้าสู่ระดับที่ไม่ปลอดภัย

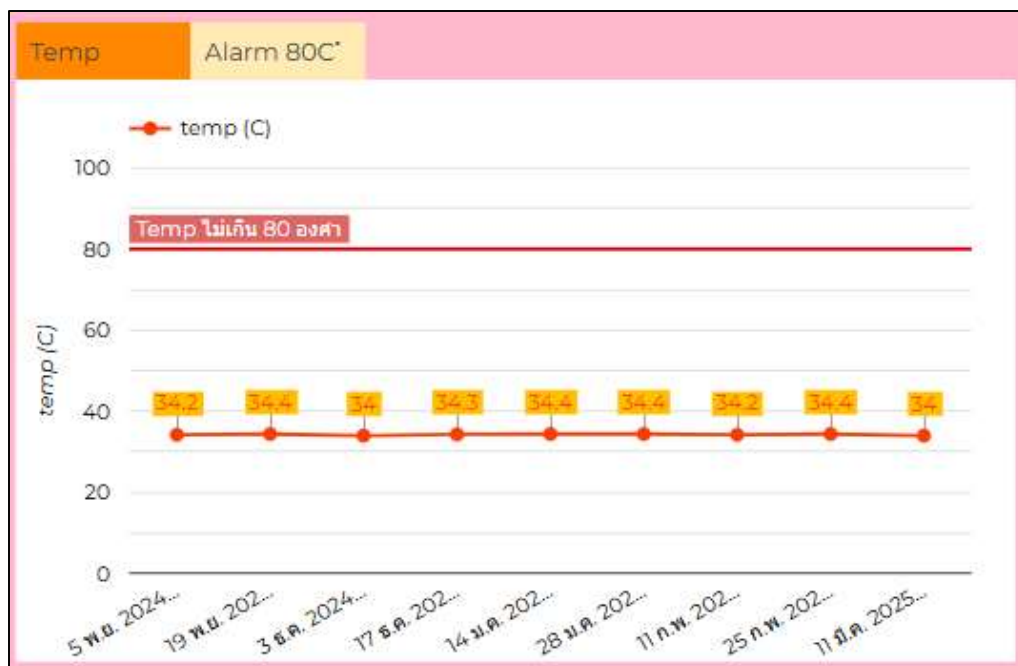
สำหรับอุณหภูมิตัวลูกปืน ได้พิจารณาจากข้อมูลของผู้ผลิตตัวลูกปืน เช่น SKF ซึ่งระบุว่าตัวลูกปืนสามารถรองรับอุณหภูมิได้สูงถึง 120°C ในระยะเวลาดำเนินการสั้น ๆ ขึ้นอยู่กับชนิดของจาระบีและวัสดุของตัวลูกปืน อย่างไรก็ตาม เพื่อความปลอดภัยและการยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ การตั้งค่าการแจ้งเตือน (Alarm) ที่ 80°C ถือเป็นระดับที่เหมาะสมและใช้กันอย่างแพร่หลายในงานอุตสาหกรรมทั่วไป [SKF Group, 2023] ในการศึกษานี้ จึงได้กำหนดค่าแจ้งเตือน (Alarm) ของ

อุณหภูมิถังลูกปืนไว้ที่  $80^{\circ}\text{C}$  ซึ่งเป็นค่าที่สอดคล้องกับมาตรฐานอุตสาหกรรมทั่วไป และช่วยป้องกันการเสื่อมสภาพของจาระบีหล่อลื่นและวัสดุของถังลูกปืน

ข้อมูลการตรวจวัดทั้งหมดถูกนำเสนอในรูปแบบกราฟแนวโน้ม (Trend Plot) เพื่อแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าที่ตรวจวัดได้อย่างต่อเนื่อง และสรุปแสดงไว้บนแดชบอร์ด (Dashboard) โดยใช้เครื่องมือ Google Data Studio เพื่อสนับสนุนการวิเคราะห์และการตัดสินใจของทีมซ่อมบำรุง ตัวอย่างการแสดงผลดังกล่าวแสดงไว้ในภาพที่ 32 และ 33



ภาพที่ 32 Dashboard แสดงกราฟแนวโน้ม ค่าการสั่นสะเทือนของ RO Feed Pump no.1



ภาพที่ 33 Dashboard แสดงกราฟแนวโน้มอุณหภูมิถังลูกปืนของ RO Feed Pump no.1

การศึกษานี้ได้ดำเนินการตรวจสอบและติดตามแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่าผลต่างแรงดันตกคร่อม (RO Differential Pressure Online) ในระบบรีเวิร์สออสโมซิส (RO) ซึ่งเป็นพารามิเตอร์สำคัญที่ใช้ในการประเมินสถานะการอุดตันของอุปกรณ์กรองและเมมเบรนภายในระบบ ทั้งนี้ได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานแจ้งเตือน (Alarm Threshold) เพื่อสนับสนุนการดำเนินงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน โดยอ้างอิงจากคู่มือการเดินเครื่องและการควบคุมคุณภาพน้ำในระบบของหน่วยงานแผนกเคมี โรงไฟฟ้า (กรณีศึกษา) ซึ่งกำหนดค่าการแจ้งเตือนในแต่ละตำแหน่ง ดังนี้

(1) ผลต่างแรงดันของไส้กรองคาร์ทริดจ์บริเวณทางออกของระบบ RO (Diff. Pressure of Cartridge Filter RO Outlet) กำหนดค่าแจ้งเตือนที่ 1 bar

(2) ผลต่างแรงดันทางออกของระบบ RO ชั้นที่ 1 ระยะที่ 1 (Permeate) กำหนดที่ 3 bar

(3) ผลต่างแรงดันทางออกของระบบ RO ชั้นที่ 1 ระยะที่ 2 (Reject: Concentrate) กำหนดที่ 3 bar

(4) ผลต่างแรงดันทางออกของระบบ RO ชั้นที่ 2 ระยะที่ 1 (Permeate) กำหนดที่ 2.5 bar

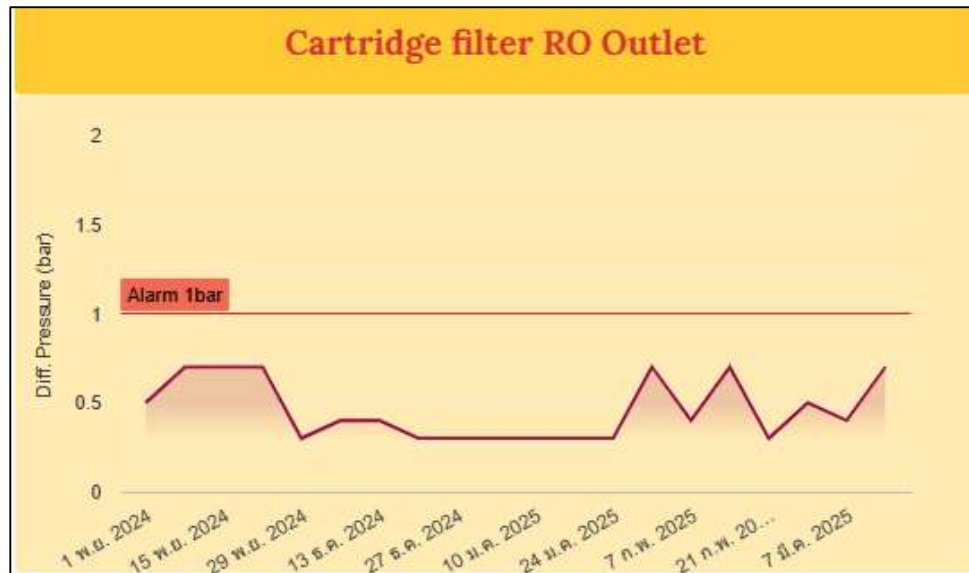
(5) ผลต่างแรงดันทางออกของระบบ RO ชั้นที่ 2 ระยะที่ 2 (Reject: Concentrate) ไปยังน้ำป้อนของระบบ RO ชั้นที่ 1 กำหนดที่ 2.5 bar

ตารางสรุปค่าการแจ้งเตือน RO Differential Pressure โดยมีรายละเอียดของตำแหน่งการวัด ค่า Alarm และเหตุผลทางเทคนิคที่ใช้เป็นเกณฑ์กำหนดในแต่ละจุด เพื่อประกอบการอธิบายในการวางแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกันในระบบ RO แสดงดังตารางที่ 6 ดังนี้

ตารางที่ 6 สรุปค่าการแจ้งเตือน RO Differential Pressure

ตำแหน่งการวัด (Measurement Point)	ค่าแจ้งเตือน (Alarm Threshold)	เหตุผลในการตั้งค่า (Rationale)
Diff. Pressure of Cartridge Filter RO Outlet	1 bar	ค่าความดันตกคร่อมของไส้กรองคาร์ทริดจ์เกิน 1 bar บ่งชี้ถึงการอุดตันของไส้กรอง ซึ่งลดประสิทธิภาพการป้องกันเมมเบรน
Diff. Pressure of RO Pass I Outlet Pass I Stage I (Permeate)	3 bar	ความดันสูงเกิน 3 bar ในส่วนของน้ำซึมผ่านอาจเกิดจากแรงต้านในเมมเบรนที่เสื่อมคุณภาพ
Diff. Pressure of RO Pass I Outlet Pass I Stage II (Reject: Concentrate)	3 bar	แรงดันตกคร่อมในน้ำเข้มข้นเกิน 3 bar สะท้อนถึงการสะสมของของแข็งที่อาจทำให้เมมเบรนอุดตัน
Diff. Pressure of RO Pass II Outlet Pass II Stage I (Permeate)	2.5 bar	ค่าความดันเกิน 2.5 bar ในส่วน Permeate ของชั้นที่ 2 แสดงถึงประสิทธิภาพการกรองลดลง
Diff. Pressure of RO Pass II Outlet Pass I Stage II (Reject: Concentrate) To RO Pass I Feed	2.5 bar	การย้อนกลับของแรงดันในน้ำเข้มข้นเกิน 2.5 bar อาจส่งผลกระทบต่อการทำงานของ RO ชั้นที่ 1 และเพิ่มภาระให้กับระบบ

ค่าที่ตรวจวัดทั้งหมดนี้ได้ถูกนำเสนอในรูปแบบของกราฟแนวโน้ม (Trend Plot) เพื่อให้สามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงของค่าต่าง ๆ ได้อย่างต่อเนื่อง และวิเคราะห์แนวโน้มเพื่อการตัดสินใจในการบำรุงรักษาอย่างมีประสิทธิภาพ โดยผลการวิเคราะห์ถูกสรุปและแสดงไว้บนหน้าแดชบอร์ด (Dashboard) ผ่านโปรแกรม Google Data Studio ซึ่งสามารถดูตัวอย่างได้จากภาพที่ 34



ภาพที่ 34 Dashboard แสดงกราฟแนวโน้ม ค่า Diff. Pressure of Cartridge filter RO Outlet

นอกจากการตรวจวัดค่าพารามิเตอร์จากเซนเซอร์ที่ติดตั้งถาวรในระบบแล้ว ได้มีการใช้เครื่องมือแบบพกพา (Portable Instruments) เพื่อสนับสนุนการตรวจสอบและเก็บข้อมูลเพิ่มเติมในตำแหน่งที่ไม่สามารถติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดถาวรได้ โดยเครื่องมือที่ใช้ประกอบการศึกษา ประกอบด้วย (1) เครื่องวัดความสั่นสะเทือนแบบมือถือ (Handheld Vibration Meter) ยี่ห้อ AMTAST รุ่น TV2000 ซึ่งใช้ในการวัดค่าความสั่นสะเทือนของปั้มน้ำแรงดันสูงในระบบ RO และ (2) เครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรดแบบพกพา (Mini Infrared Thermometer) ยี่ห้อ Fluke รุ่น 62 ซึ่งใช้สำหรับตรวจวัดอุณหภูมิพื้นผิวของตั้บลูกปืนและชิ้นส่วนเครื่องจักรที่มีอุณหภูมิสูง ทั้งนี้ ตัวอย่างเครื่องมือดังกล่าวแสดงไว้ในภาพที่ 35 และ 36 ตามลำดับ



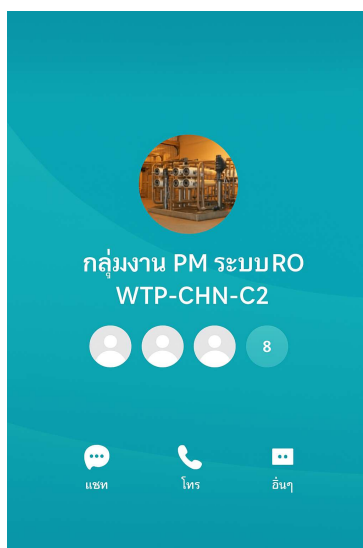
ภาพที่ 35 เครื่อง HAND HELD VIBRATION METER ยี่ห้อ AMTAST รุ่น TV2000



ภาพที่ 36 เครื่อง Mini Infrared Thermometer ยี่ห้อ Fluke 62

### 3.15 จัดตั้งกลุ่มไลน์ของพนักงานซ่อมบำรุงและผู้เกี่ยวข้อง

ในการดำเนินงานตามแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบรีเวิร์สออสโมซิส (RO) กรณีศึกษา ได้มีการจัดตั้งกลุ่มสื่อสารผ่านแอปพลิเคชันไลน์ (LINE Group) สำหรับใช้เป็นช่องทางการแจ้งเตือนและประสานงานระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง โดยภายในกลุ่มดังกล่าวประกอบด้วยพนักงานจากแผนกบำรุงรักษาเครื่องกล แผนกบำรุงรักษาไฟฟ้า แผนกเคมี และพนักงานธุรการจากส่วนกลางกองบำรุงรักษาซึ่งทำหน้าที่ดูแลระบบงานด้านดิจิทัล ตัวอย่างกลุ่มไลน์แสดงไว้ในภาพที่ 37 ทั้งนี้ กลุ่มไลน์ถูกใช้เป็นเครื่องมือสื่อสารในการแจ้งเตือนกิจกรรมบำรุงรักษาเชิงป้องกันตามแผนการดำเนินงานรายปีและปฏิทินงาน เพื่อให้เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องสามารถเตรียมความพร้อมและดำเนินการได้ตามรอบที่กำหนด ไม่ว่าจะเป็นรายสัปดาห์หรือรายวัน นอกจากนี้ยังใช้แจ้งเตือนข้อมูลค่าพารามิเตอร์ที่เกินเกณฑ์ (Alert) ซึ่งตรวจพบจากระบบตรวจวัดค่าความสั่นสะเทือน (Vibration) และอุณหภูมิตัวลู่ลูกปืน (Bearing Temperature) ของ RO Pump รวมถึงค่าผลต่างแรงดันตกคร่อม (RO Differential Pressure Online) เพื่อให้สามารถวางแผนและดำเนินการซ่อมบำรุงได้อย่างทันท่วงทีก่อนที่อุปกรณ์ในระบบจะเกิดความเสียหายหรือหยุดทำงานโดยไม่คาดคิด (Breakdown)



ภาพที่ 37 กลุ่มไลน์ของพนักงานซ่อมบำรุงและผู้เกี่ยวข้อง

### 3.16 ทำการวัดผลหลังการดำเนินงาน

หลังจากดำเนินการวางแผนและจัดการระบบบำรุงรักษาเชิงป้องกันแล้ว ได้มีการประเมินผลการดำเนินงานโดยใช้ ค่าความพร้อมในการเดินเครื่องจักร (Machine Availability Factor: MAF) เป็นตัวชี้วัดหลัก ซึ่งเป็นดัชนีที่สะท้อนถึงประสิทธิภาพของระบบซ่อมบำรุงในการลดเวลาเครื่องจักรหยุดทำงาน (Downtime) และเพิ่มความสามารถในการเดินเครื่องอย่างต่อเนื่อง โดยค่าความพร้อมดังกล่าวถูกคำนวณจากข้อมูลระยะเวลาการเดินเครื่องและระยะเวลาหยุดเครื่องของระบบบรีเวิร์ฟสออสโมซิส (RO) ตามช่วงเวลาที่กำหนด ทั้งนี้ ผลการประเมินถูกนำเสนอในรูปแบบ แดชบอร์ด (Dashboard) ด้วยโปรแกรม Google Data Studio เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลและติดตามแนวโน้มความพร้อมของเครื่องจักรได้อย่างเป็นระบบ ตัวอย่างการแสดงผลปรากฏตามภาพที่ 38



ภาพที่ 38 Dashboard รายงานค่าความพร้อมเดินเครื่องจักร

### 3.17 สรุปงานวิจัยและเสนอแนะ

จากการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ ได้ทำการศึกษา วิเคราะห์ และพัฒนาระบบบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance: PM) สำหรับระบบบรีเวิร์ฟสออสโมซิส (RO) ในกรณีศึกษา โดยเริ่มจากการสำรวจและวิเคราะห์ข้อมูลการแจ้งซ่อมย้อนหลัง เพื่อระบุปัญหาที่เกิดขึ้นซ้ำและสาเหตุหลักของการหยุดเดินเครื่อง จากผลการวิเคราะห์ดังกล่าว ได้ดำเนินการออกแบบและจัดทำมาตรฐานการบำรุงรักษาเชิงป้องกันจำนวน 6 หมวดหมู่ ครอบคลุมอุปกรณ์หลักในระบบ ได้แก่ ปัม্পแรงดันสูง ใส้กรอง แผ่นเมมเบรน สายท่อน้ำ ถังพักน้ำ และอุปกรณ์ควบคุม พร้อมทั้งจัดทำแผนการตรวจสอบและบำรุงรักษาอย่างเป็นระบบ นอกจากนี้ ยังได้พัฒนาระบบสารสนเทศออนไลน์เพื่อใช้ในการจัดเก็บข้อมูล บันทึกผลการตรวจสอบ และแจ้งเตือนการบำรุงรักษาล่วงหน้าโดยอัตโนมัติ ซึ่งส่งผลให้กระบวนการบริหารจัดการงานซ่อมบำรุงมีความเป็นระบบ ลดภาระงานของพนักงาน และเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานโดยรวมของระบบ RO ได้อย่างมีนัยสำคัญ

## บทที่ 4 ผลการวิจัย

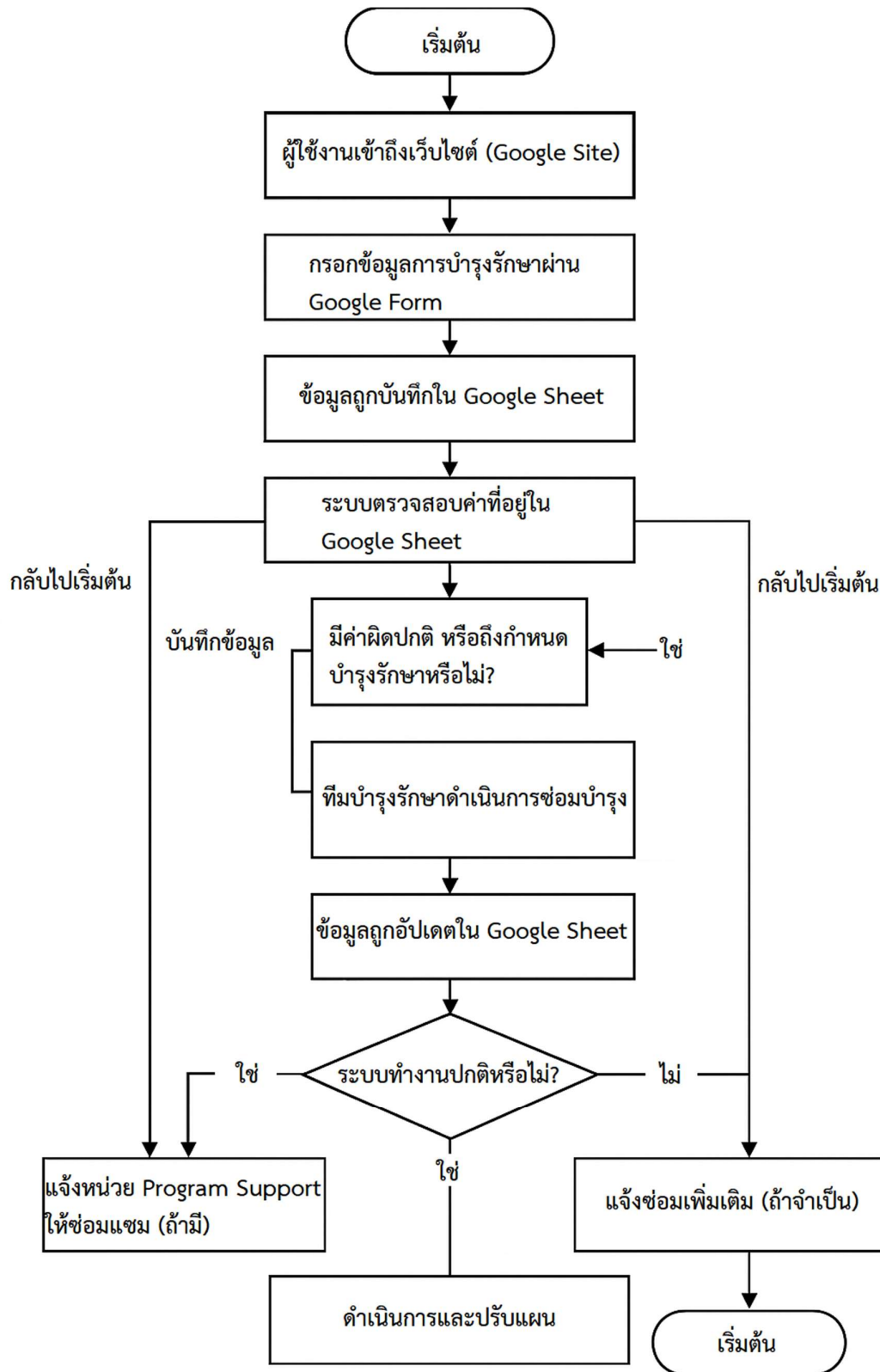
### 4.1 การจัดทำแผนบำรุงรักษาประจำปี

ในงานวิจัยนี้ได้จัดทำแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันประจำปีสำหรับระบบรีเวิร์สออสโมซิส (RO) โดยออกแบบให้สอดคล้องกับหลักวิชาการและมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง เช่น ISO 10816-7 และคู่มือผู้ผลิต (OEM Manual) เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งานจริงในภาคสนาม แผนการบำรุงรักษาถูกกำหนดตามรอบเวลา ได้แก่ รายสัปดาห์ รายเดือน รายไตรมาส และรายปี โดยอิงจากความถี่ของการเกิดปัญหาและความสำคัญของอุปกรณ์แต่ละรายการ ตัวอย่างเช่น การเปลี่ยนไส้กรอง RO ทุก 6 สัปดาห์ตามค่าความดันตกคร่อม การล้างแผ่นเมมเบรนทุก 6 สัปดาห์ และการตรวจสอบระบบหล่อลื่นและแรงดันของปั๊มแรงดันสูงเป็นประจำทุก 2 สัปดาห์ เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพล่วงหน้าและรักษาประสิทธิภาพการผลิตน้ำอย่างต่อเนื่อง แผนดังกล่าวสามารถนำไปใช้งานได้จริง และถูกเชื่อมโยงเข้ากับระบบสารสนเทศเพื่อใช้ในการติดตามผลและแจ้งเตือนล่วงหน้า ส่งผลให้การบำรุงรักษามีความเป็นระบบมากขึ้น มีประสิทธิภาพสูงขึ้น และสามารถใช้เป็นพื้นฐานในการวิเคราะห์และปรับปรุงรอบการบำรุงรักษาในอนาคตได้อย่างต่อเนื่อง

### 4.2 การจัดทำระบบงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบรีเวิร์สออสโมซิส กรณีศึกษา ในรูปแบบดิจิทัล

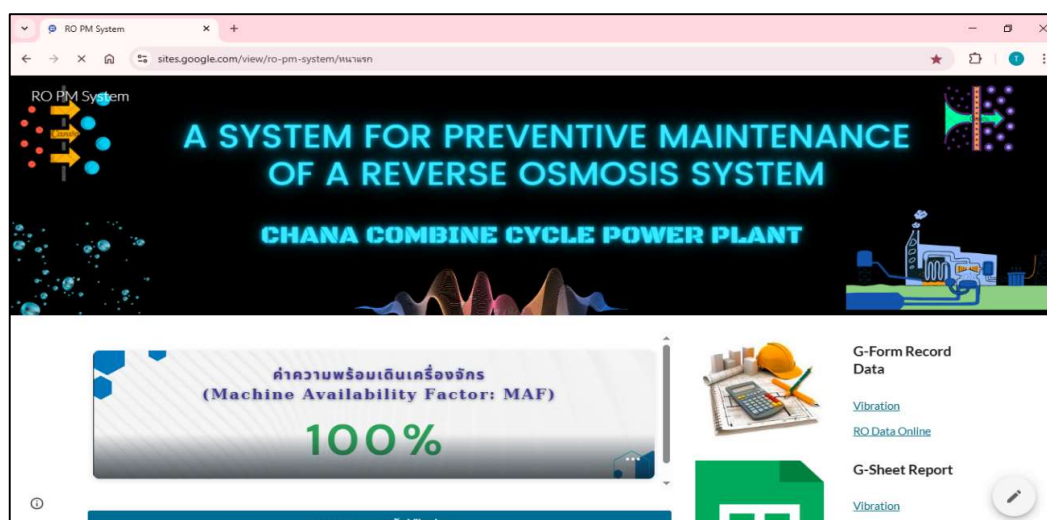
จากการดำเนินงานวิจัยพบว่าสามารถจัดทำและนำระบบงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันสำหรับระบบรีเวิร์สออสโมซิส (RO) กรณีศึกษาเข้าสู่การใช้งานได้สำเร็จ โดยเป็นการพัฒนาระบบการซ่อมบำรุงจากรูปแบบการซ่อมเมื่อเกิดความเสียหาย (Breakdown Maintenance) ไปสู่ระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) ที่มีโครงสร้างชัดเจนและสามารถนำไปปฏิบัติได้จริง ทั้งนี้ได้มีการพัฒนาให้ระบบอยู่ในรูปแบบดิจิทัล (Digital Platform) ซึ่งช่วยลดการใช้กระดาษและเพิ่มความคล่องตัวในการจัดการข้อมูล โดยได้จัดทำเว็บไซต์ระบบงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบ RO ซึ่งรวบรวมข้อมูลทั้งหมดจากขั้นตอนที่ดำเนินการในบทที่ 3 และนำมาแสดงผลผ่านหน้าแดชบอร์ด (Dashboard) เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถติดตามสถานะและตารางกิจกรรมได้แบบเรียลไทม์ นอกจากนี้ยังมีระบบแจ้งเตือนกิจกรรมตามแผนบำรุงรักษาประจำปีและปฏิทินงานผ่านกลุ่มแอปพลิเคชันไลน์ของพนักงานซ่อมบำรุง ซึ่งครอบคลุมการแจ้งเตือนกิจกรรมประจำรอบ เช่น รายสัปดาห์ และรายวัน รวมถึงการแจ้งเตือนค่าพารามิเตอร์สำคัญที่เกินเกณฑ์ (Alert) เช่น ค่าการสิ้นสะท้อน และอุณหภูมิปลั๊กปืนของ RO Pump ตลอดจนค่าผลต่างแรงดันตกคร่อม (RO Differential Pressure Online) เพื่อเตรียมความพร้อมในการวางแผนซ่อมบำรุงก่อนที่อุปกรณ์หรือเครื่องจักรจะเกิดความเสียหายรุนแรงหรือเกิดเหตุขัดข้อง (Breakdown) ซึ่งสะท้อนถึงความสำเร็จใน

การพัฒนากระบวนการบำรุงรักษาที่มีประสิทธิภาพและทันสมัย โดยเริ่มจากผู้ใช้งานเข้าถึงเว็บไซต์ (Google Site) แล้วกรอกข้อมูลการบำรุงรักษาผ่าน Google Form ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะถูกบันทึกลงใน Google Sheet จากนั้นระบบจะทำการตรวจสอบค่าที่บันทึกไว้ หากพบค่าผิดปกติหรือถึงกำหนดบำรุงรักษา ระบบจะส่งข้อมูลไปยังทีมบำรุงรักษาเพื่อดำเนินการซ่อมบำรุง และอัปเดตข้อมูลใหม่ใน Google Sheet อีกครั้ง แล้วระบบจะตรวจสอบว่าระบบทำงานปกติหรือไม่ หากยังไม่ปกติจะมีการแจ้งซ่อมเพิ่มเติม (ถ้าจำเป็น) และวนกลับไปเริ่มต้น แต่หากระบบกลับมาทำงานปกติแล้ว ก็จะดำเนินการแจ้งหน่วย Program Support ให้ซ่อมแซมหากยังมีสิ่งผิดปกติหลงเหลืออยู่ จากนั้นเข้าสู่ขั้นตอนดำเนินการและปรับแผน ก่อนกลับไปเริ่มกระบวนการใหม่อีกครั้ง ถือเป็นการบริหารจัดการงานซ่อมบำรุงอย่างเป็นระบบ และเชื่อมโยงข้อมูลอย่างครบวงจรผ่านแพลตฟอร์มของ Google สามารถแสดง Flowchart ในการออกแบบระบบการทำงาน ได้ดังภาพที่ 39 ดังนี้



ภาพที่ 39 Flowchart ในการออกแบบระบบการทำงาน

นอกจากนี้ ได้มีการเพิ่มเติมเมนูสำหรับจัดเก็บและบันทึกเอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบรีเวิร์สออสโมซิสไว้ในเว็บไซต์ในรูปแบบดิจิทัลทั้งหมด เพื่ออำนวยความสะดวกในการเข้าถึงข้อมูล เอกสารดังกล่าวครอบคลุมทั้งแผนการบำรุงรักษา มาตรฐานการปฏิบัติงาน รายงานผลการตรวจสอบ และเอกสารอ้างอิงอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยระบบจัดเก็บดังกล่าวช่วยให้สามารถค้นหาและเรียกใช้งานได้อย่างสะดวกรวดเร็ว รองรับการวิเคราะห์และการวางแผนปรับปรุงงานบำรุงรักษาในอนาคต ตัวอย่างหน้าเว็บไซต์ที่แสดงเมนูจัดเก็บเอกสารปรากฏในภาพที่ 40 และภาคผนวก ก



ภาพที่ 40 หน้าเว็บไซต์ ระบบงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบรีเวิร์สออสโมซิส กรณีศึกษา

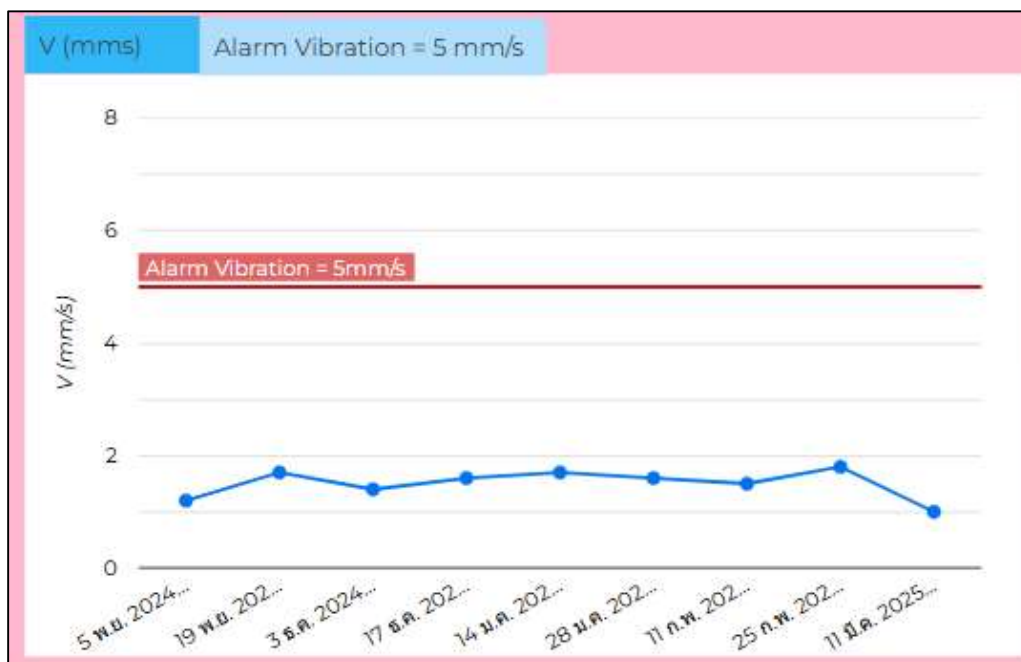
#### 4.3 ผลการวิเคราะห์ ติดตามค่าตรวจวัดจากอุปกรณ์หลักที่สำคัญในระบบ

4.3.1 ผลการติดตาม ตรวจวัดค่าการสั่นสะเทือน (Vibration Check) ของอุปกรณ์ปั๊มแรงดันสูง RO (RO Vertical multistage pump) จำนวน 6 Pump ประกอบด้วย

1. ปั๊มป้อน RO เบอร์ 1 (RO Feed Pump no.1 (KKS Code: 02GCK11AP001)) จากการติดตามและบันทึกค่าการสั่นสะเทือนและค่าอุณหภูมิตัวลูกปืนในช่วงระยะเวลาเก็บข้อมูลระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2567 ถึงมกราคม พ.ศ. 2568 รวมระยะเวลา 3 เดือน พบว่าค่าที่ตรวจวัดได้อยู่ในเกณฑ์ควบคุมตามมาตรฐานที่กำหนด โดยค่าการสั่นสะเทือนสูงสุดไม่เกิน 5 mm/s ซึ่งอยู่ภายใต้เกณฑ์แจ้งเตือนตามมาตรฐาน ISO 10816-7 ที่ใช้อ้างอิง ทั้งนี้ แม้ในมาตรฐานดังกล่าวจะระบุเพียงค่าการสั่นสะเทือนโดยรวม (Overall Vibration Velocity) โดยไม่แยกตามทิศทางการวัด (Horizontal, Vertical, Axial) แต่ในการประเมินผลของงานวิจัยนี้ได้พิจารณาการสั่นสะเทือนจากทั้ง 3 แกน

และใช้ค่าที่สูงที่สุด (Peak Value) จากทุกแกนเป็นเกณฑ์อ้างอิงเพื่อความปลอดภัย หากค่าจากแกนใดเกินเกณฑ์ที่กำหนดจะถือว่าเข้าสู่ภาวะต้องติดตาม (Alert) หรือภาวะผิดปกติ (Alarm) ตามลำดับ

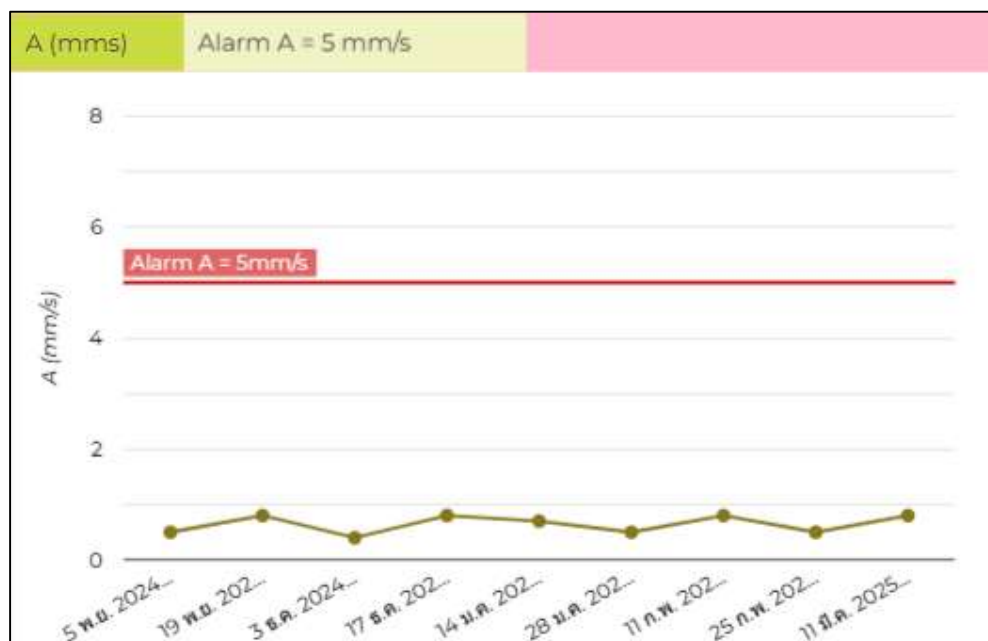
สำหรับค่าอุณหภูมิปลั๊กปืน พบว่าค่าสูงสุดไม่เกิน 80°C ซึ่งยังอยู่ภายใต้เกณฑ์มาตรฐานตามค่าที่ผู้ผลิตปลั๊กปืนกำหนด และไม่พบแนวโน้มที่แสดงถึงภาวะความร้อนสะสมหรือการหล่อลื่นที่ไม่เพียงพอ ข้อมูลทั้งหมดได้จัดเก็บอย่างต่อเนื่องและแสดงผลในรูปแบบกราฟแนวโน้ม (Trend Plot) บนแดชบอร์ดแบบเรียลไทม์ เพื่อให้สามารถติดตามสถานะเครื่องจักรได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างการแสดงผลดังกล่าวแสดงไว้ในภาพที่ 41 ถึง 48



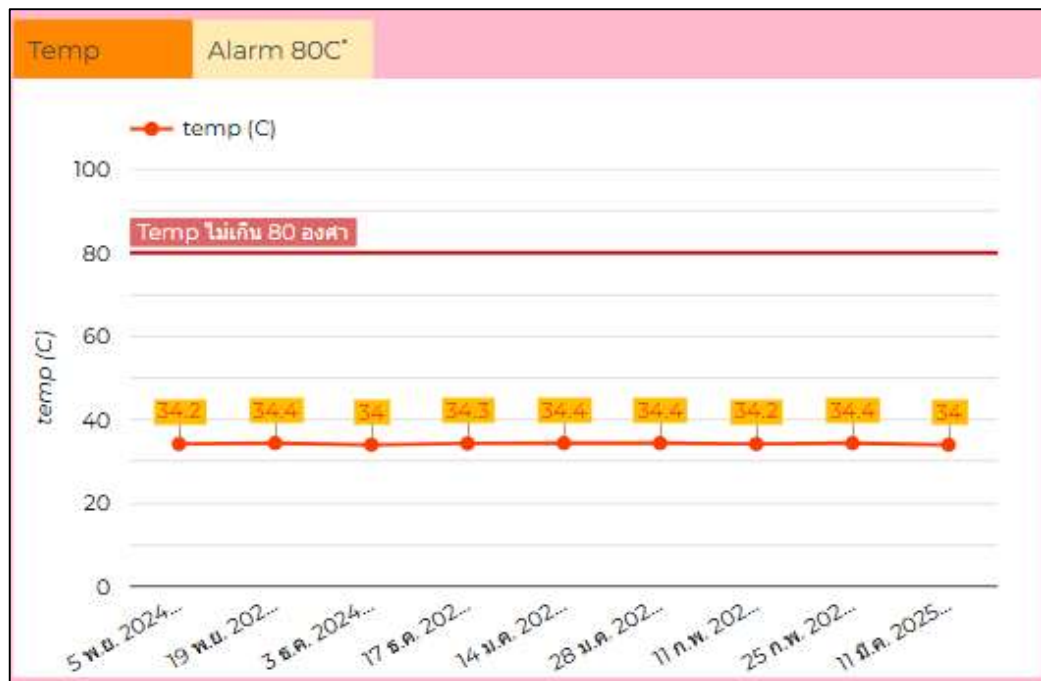
ภาพที่ 41 Trend Plot ค่าการสั่นสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 1 แนวแกน V ของปั๊มป้อน RO เบอร์ 1



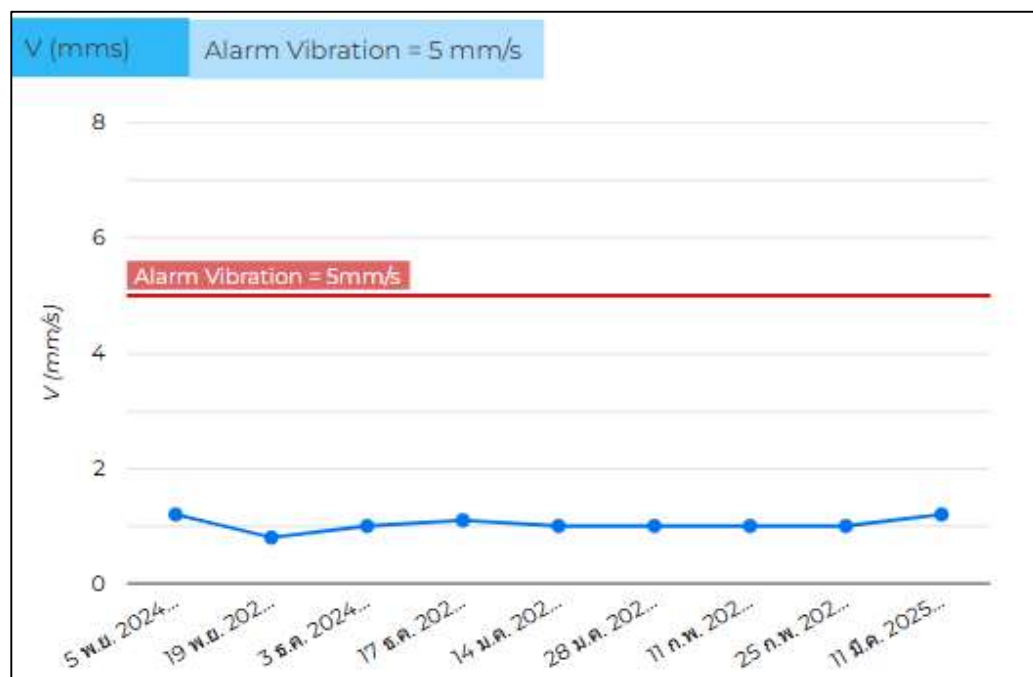
ภาพที่ 42 Trend Plot ค่าการสั่นสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 1 แนวแกน H ของปั๊มป้อน RO เบอร์ 1



ภาพที่ 43 Trend ค่าการสั่นสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 1 แนวแกน A ของปั๊มป้อน RO เบอร์ 1



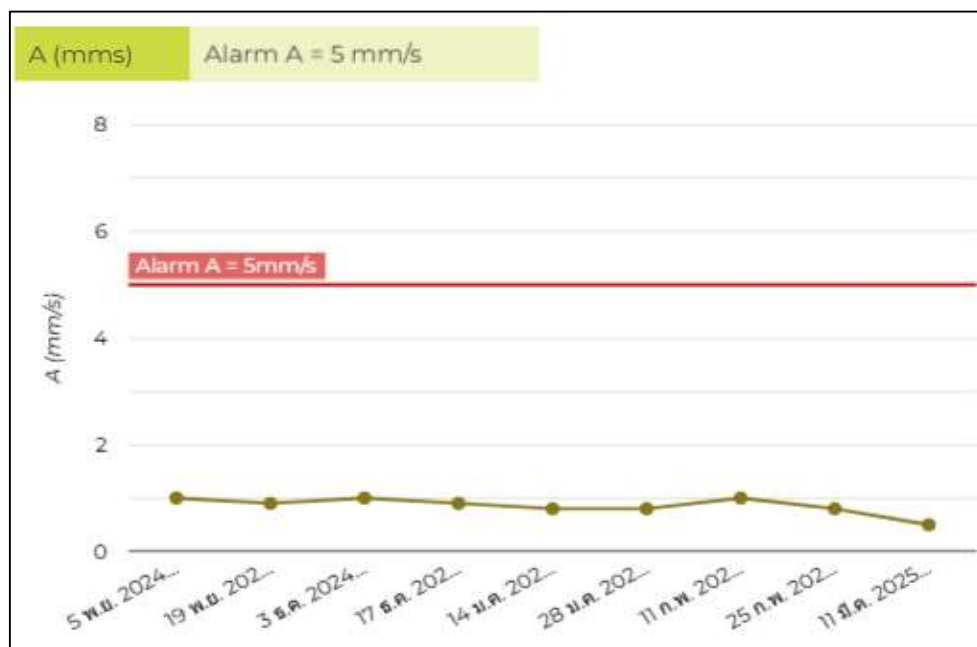
ภาพที่ 44 Trend Plot ค่าอุณหภูมิถังลูกปืน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 1 ของปั๊มป้อน RO เบอร์ 1



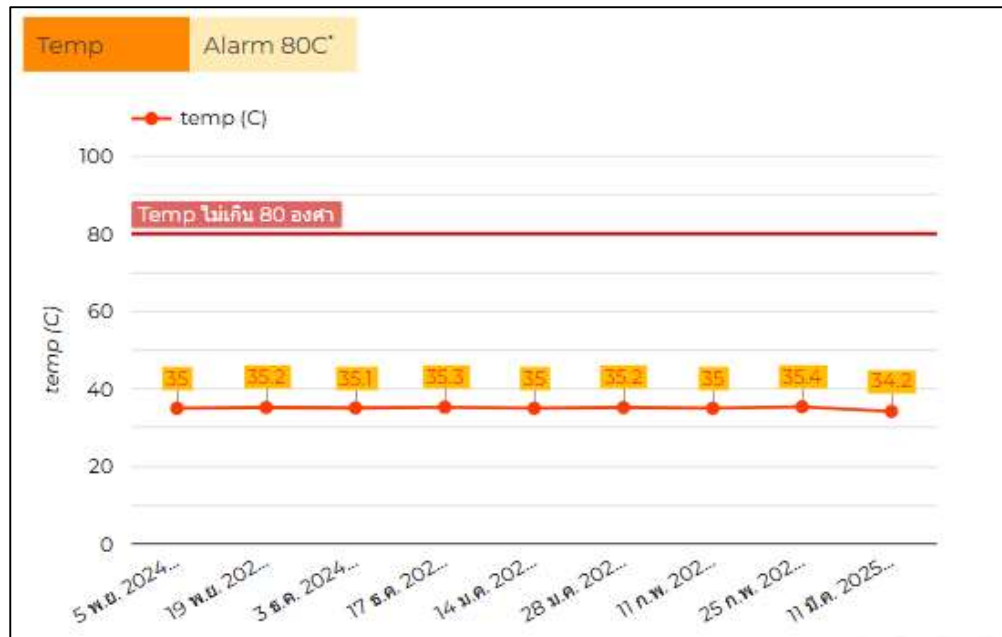
ภาพที่ 45 Trend Plot ค่าการสั่นสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 2 แนวแกน V ของปั๊มป้อน RO เบอร์ 1



ภาพที่ 46 Trend Plot ค่าการสั่นสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 2 แนวแกน H ของปั๊มป้อน RO เบอร์ 1



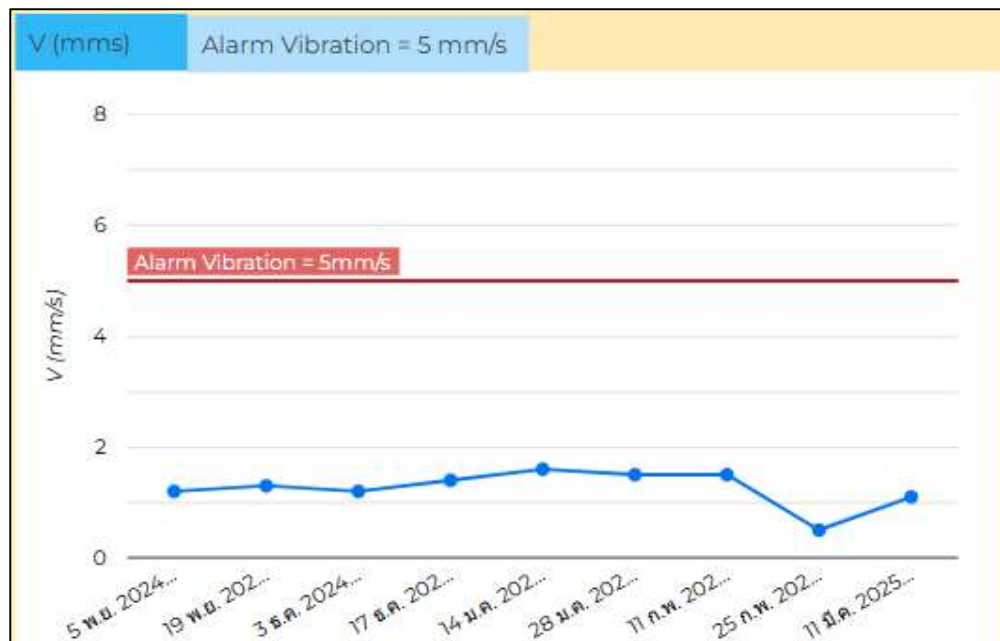
ภาพที่ 47 Trend Plot ค่าการสั่นสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 2 แนวแกน A ของปั๊มป้อน RO เบอร์ 1



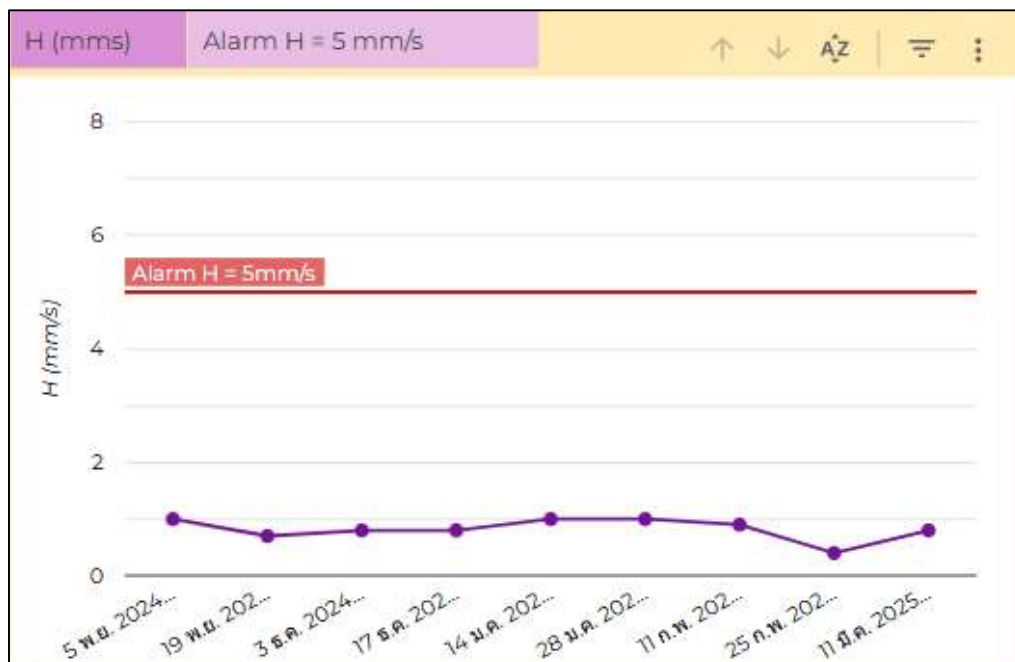
ภาพที่ 48 Trend Plot ค่าอุณหภูมิถังลูกปืน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 2 ของปั๊มป้อน RO เบอร์ 1

2. ปั๊มป้อน RO เบอร์ 2 (RO Feed Pump no.2 (KKS Code: 02GCK12AP001)) จากการติดตามและบันทึกค่าการสั่นสะเทือนและค่าอุณหภูมิถังลูกปืน ในช่วงระยะเวลาเก็บข้อมูลระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2567 ถึงมกราคม พ.ศ. 2568 รวมระยะเวลา 3 เดือน พบว่าค่าที่ตรวจวัดได้อยู่ในเกณฑ์ควบคุมตามมาตรฐานที่กำหนด โดยค่าการสั่นสะเทือนสูงสุดไม่เกิน 5 mm/s ซึ่งอยู่ภายใต้เกณฑ์แจ้งเตือนตามมาตรฐาน ISO 10816-7 ที่ใช้อ้างอิง ทั้งนี้ แม้ในมาตรฐานดังกล่าวจะระบุเพียงค่าการสั่นสะเทือนโดยรวม (Overall Vibration Velocity) โดยไม่แยกตามทิศทางการวัด (Horizontal, Vertical, Axial) แต่ในการประเมินผลของงานวิจัยนี้ได้พิจารณาค่าการสั่นสะเทือนจากทั้ง 3 แกน และใช้ค่าที่สูงที่สุด (Peak Value) จากทุกแกนเป็นเกณฑ์อ้างอิงเพื่อความปลอดภัย หากค่าจากแกนใดเกินเกณฑ์ที่กำหนดจะถือว่าเข้าสู่ภาวะต้องติดตาม (Alert) หรือภาวะผิดปกติ (Alarm) ตามลำดับ

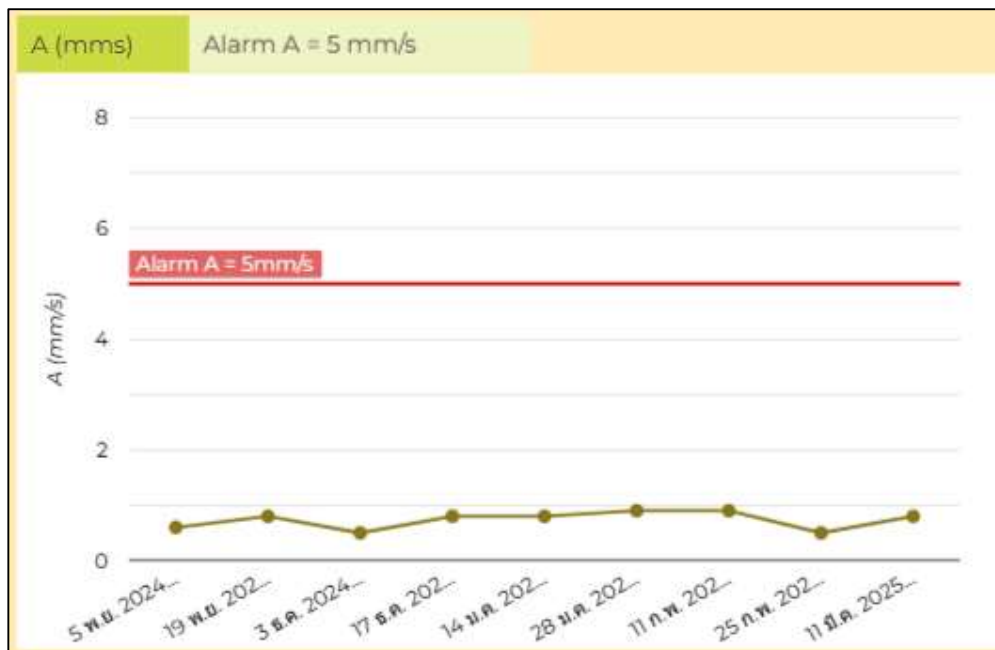
สำหรับค่าอุณหภูมิถังลูกปืน พบว่าค่าสูงสุดไม่เกิน 80°C ซึ่งยังอยู่ภายใต้เกณฑ์มาตรฐานตามค่าที่ผู้ผลิตถังลูกปืนกำหนด และไม่พบแนวโน้มที่แสดงถึงภาวะความร้อนสะสมหรือการหล่อลื่นที่ไม่เพียงพอ ข้อมูลทั้งหมดได้จัดเก็บอย่างต่อเนื่องและแสดงผลในรูปแบบกราฟแนวโน้ม (Trend Plot) บนแดชบอร์ดแบบเรียลไทม์ เพื่อให้สามารถติดตามสถานะเครื่องจักรได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างการแสดงผลดังกล่าวแสดงไว้ในภาพที่ 49 ถึง 56



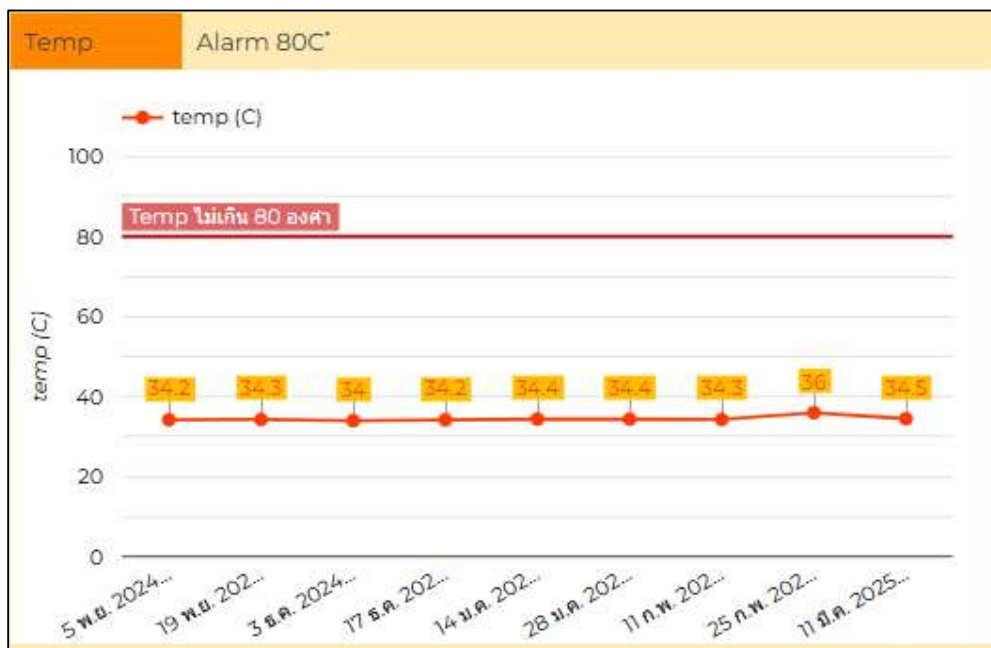
ภาพที่ 49 Trend Plot ค่าการสั่นสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 1 แนวแกน V ของปั๊มข้อ RO เบอร์ 2



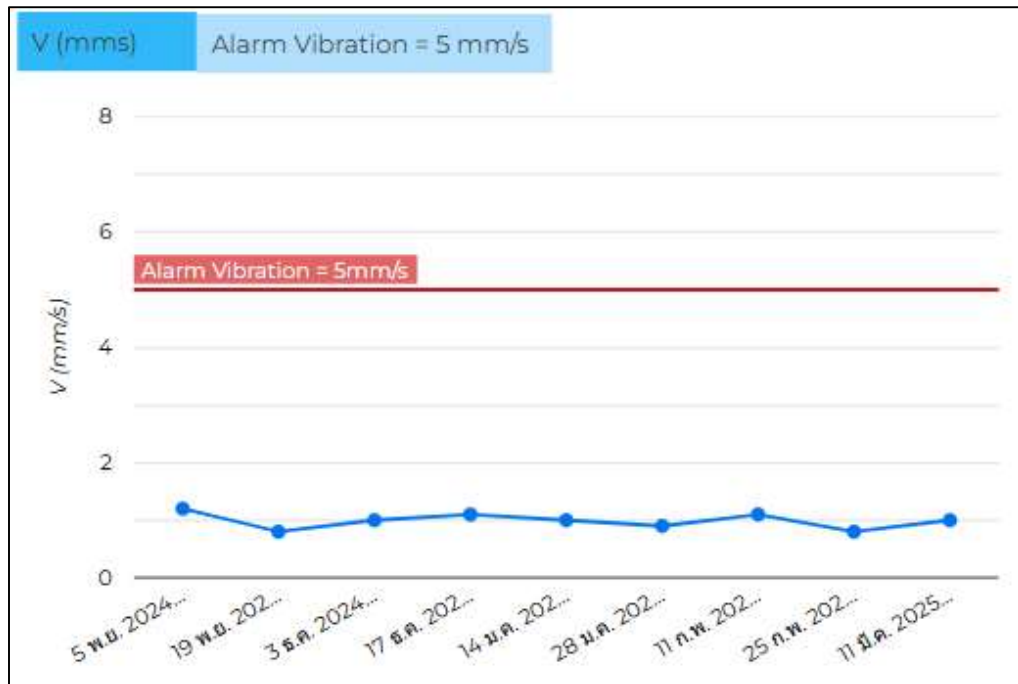
ภาพที่ 50 Trend Plot ค่าการสั่นสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 1 แนวแกน H ของปั๊มข้อ RO เบอร์ 2



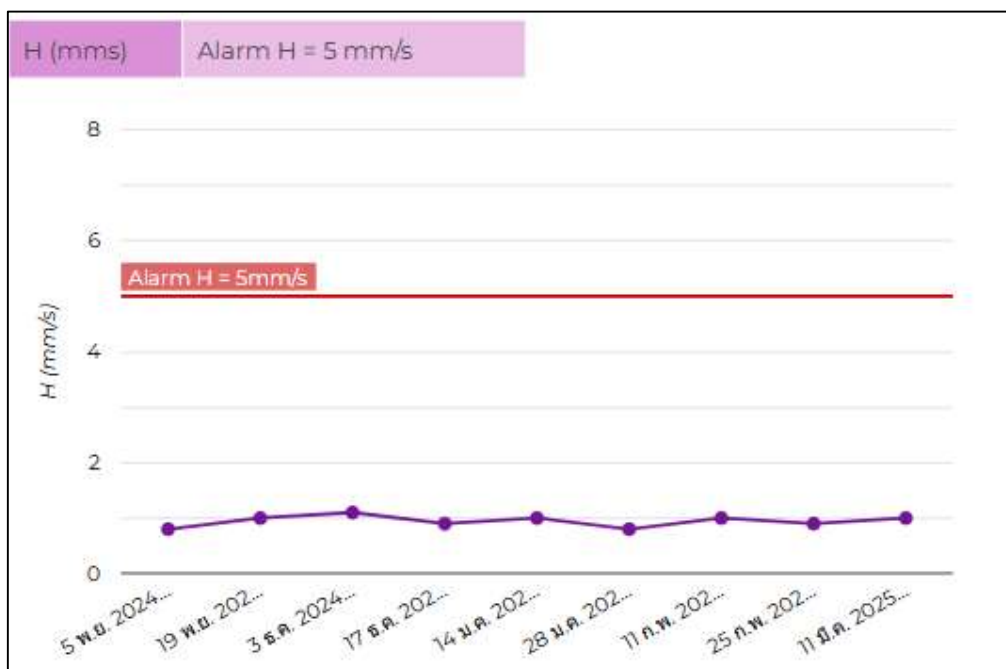
ภาพที่ 51 Trend Plot ค่าการสั่นสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 1 แนวแกน A ของปั๊มป้อน RO เบอร์ 2



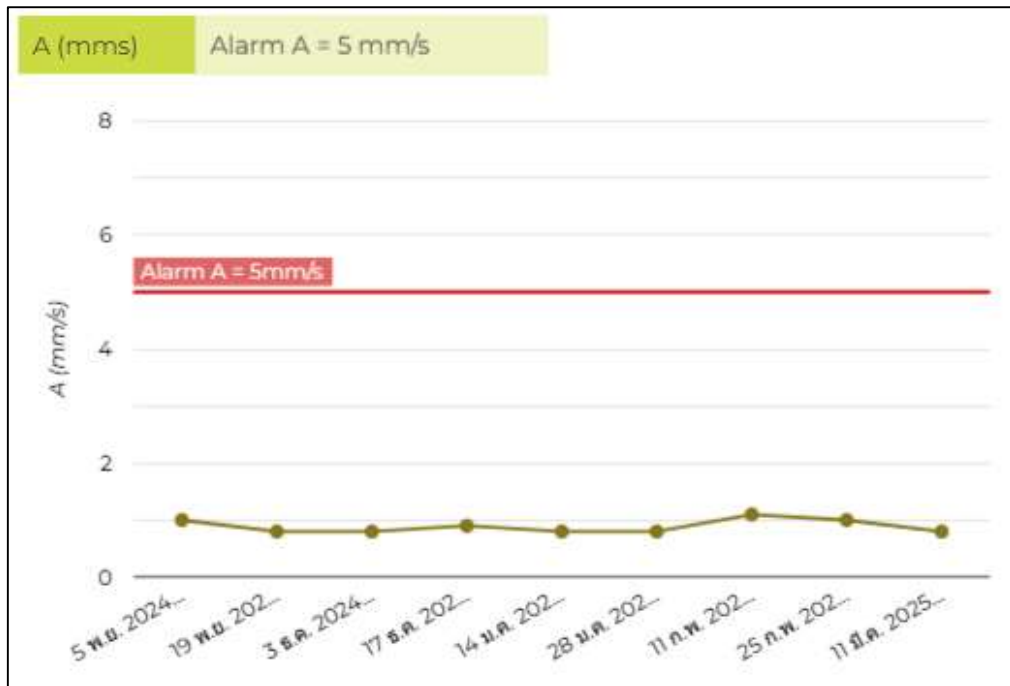
ภาพที่ 52 Trend Plot ค่าอุณหภูมิถังบลูกปีน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 1 ของปั๊มป้อน RO เบอร์ 2



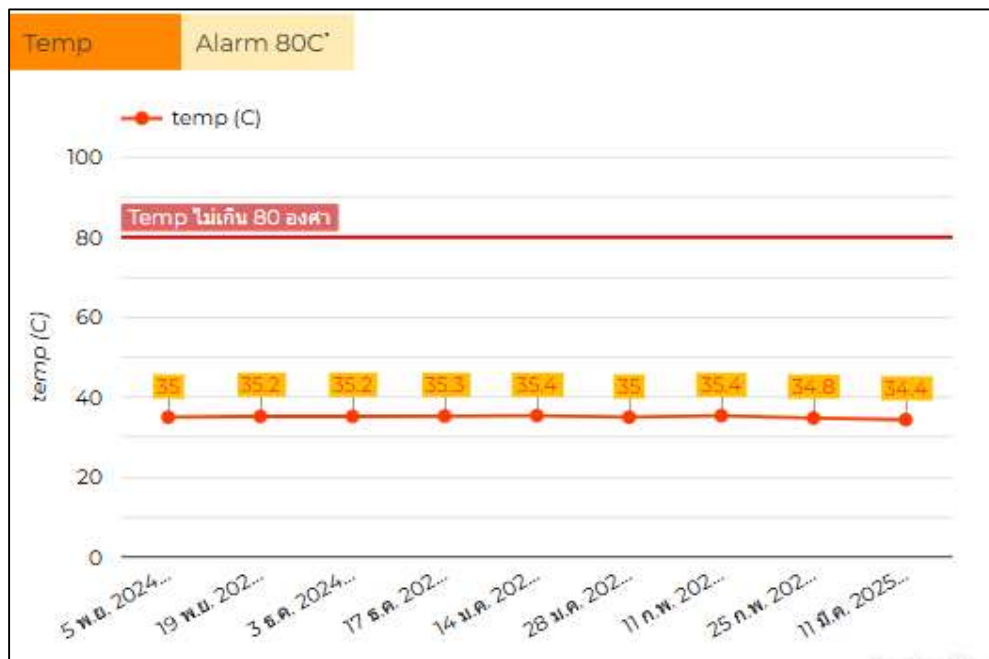
ภาพที่ 53 Trend Plot ค่าการสั่นสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 2 แนวแกน V ของปั๊มป้อน RO เบอร์ 2



ภาพที่ 54 Trend Plot ค่าการสั่นสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 2 แนวแกน H ของปั๊มป้อน RO เบอร์ 2



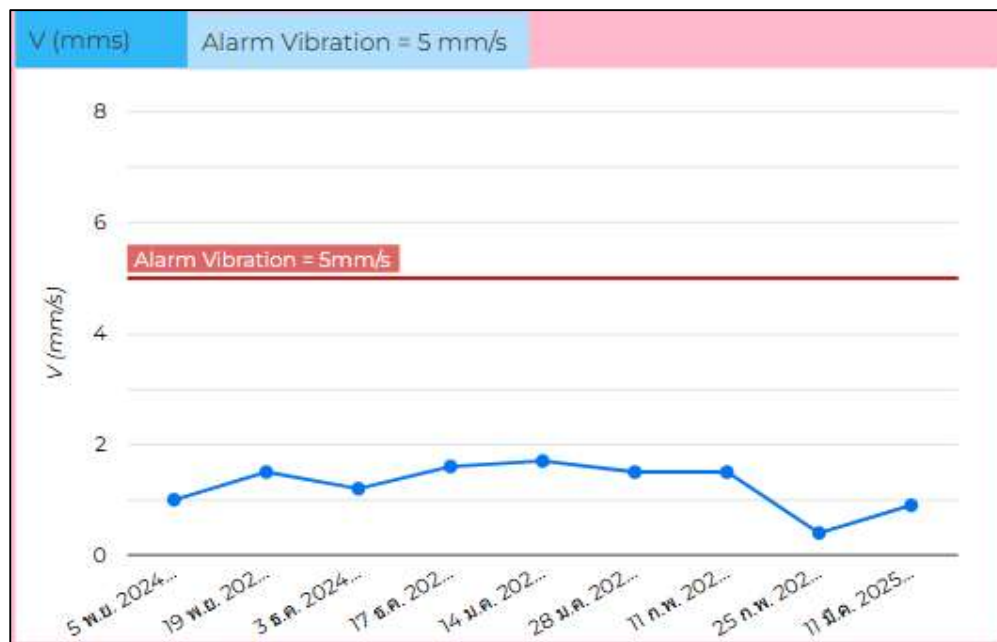
ภาพที่ 55 Trend Plot ค่าการสั่นสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 2 แนวแกน A ของปั๊มป้อน RO เบอร์ 2



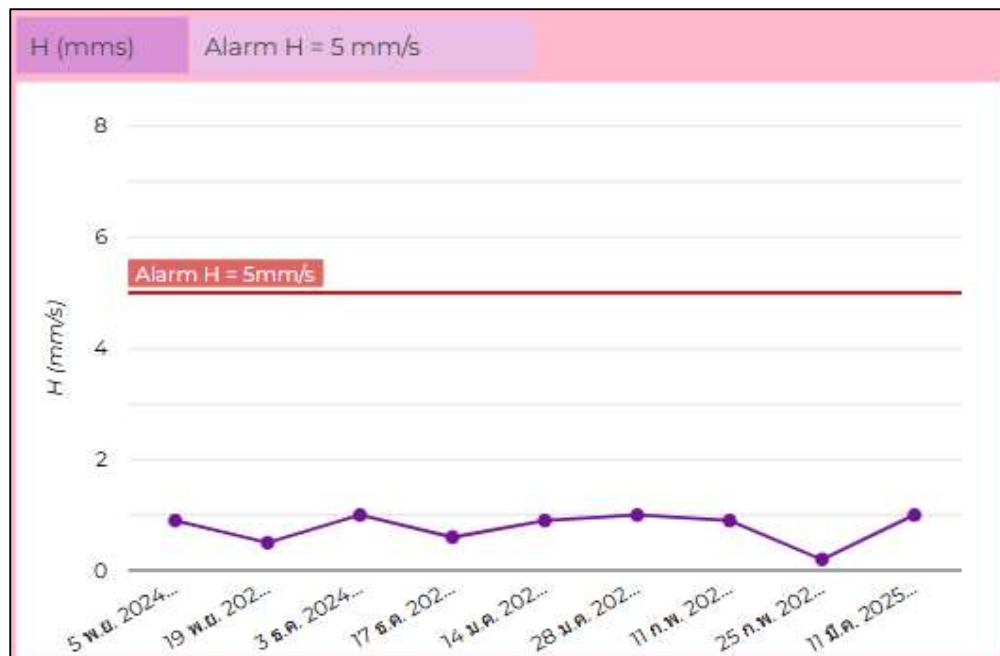
ภาพที่ 56 Trend Plot ค่าอุณหภูมิถังปลุกป็น ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 2 ของปั๊มป้อน RO เบอร์ 2

3. ปั๊มแรงดันสูง RO Pass1 เบอร์ 1 (RO Pass1 High Pressure Pump no.1 (KKS Code: 02GCK21AP001)) จากการติดตามและบันทึกค่าการสั่นสะเทือนและค่าอุณหภูมิตัวลูกปืน ในช่วงระยะเวลาเก็บข้อมูลระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2567 ถึงมกราคม พ.ศ. 2568 รวมระยะเวลา 3 เดือน พบว่าค่าที่ตรวจวัดได้อยู่ในเกณฑ์ควบคุมตามมาตรฐานที่กำหนด โดยค่าการสั่นสะเทือนสูงสุดไม่เกิน 5 mm/s ซึ่งอยู่ภายใต้เกณฑ์แจ้งเตือนตามมาตรฐาน ISO 10816-7 ที่ใช้อ้างอิง ทั้งนี้ แม้ในมาตรฐานดังกล่าวจะระบุเพียงค่าการสั่นสะเทือนโดยรวม (Overall Vibration Velocity) โดยไม่แยกตามทิศทางการวัด (Horizontal, Vertical, Axial) แต่ในการประเมินผลของงานวิจัยนี้ได้พิจารณาค่าการสั่นสะเทือนจากทั้ง 3 แกน และใช้ค่าที่สูงที่สุด (Peak Value) จากทุกแกนเป็นเกณฑ์อ้างอิงเพื่อความปลอดภัย หากค่าจากแกนใดเกินเกณฑ์ที่กำหนดจะถือว่าเข้าสู่ภาวะต้องติดตาม (Alert) หรือภาวะผิดปกติ (Alarm) ตามลำดับ

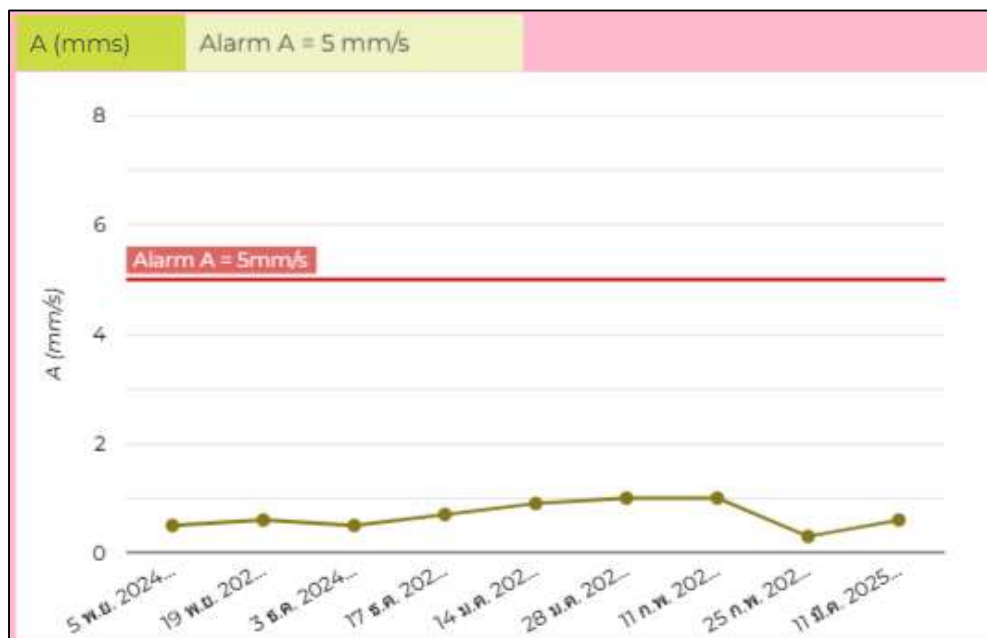
สำหรับค่าอุณหภูมิตัวลูกปืน พบว่าค่าสูงสุดไม่เกิน 80°C ซึ่งยังอยู่ภายใต้เกณฑ์มาตรฐานตามค่าที่ผู้ผลิตตัวลูกปืนกำหนด และไม่พบแนวโน้มที่แสดงถึงภาวะความร้อนสะสมหรือการหล่อลื่นที่ไม่เพียงพอ ข้อมูลทั้งหมดได้จัดเก็บอย่างต่อเนื่องและแสดงผลในรูปแบบกราฟแนวโน้ม (Trend Plot) บนแดชบอร์ดแบบเรียลไทม์ เพื่อให้สามารถติดตามสถานะเครื่องจักรได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างการแสดงผลดังกล่าวแสดงไว้ในภาพที่ 57 ถึง 64



ภาพที่ 57 Trend Plot ค่าการสั่นสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 1 แนวแกน V ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass1 เบอร์ 1



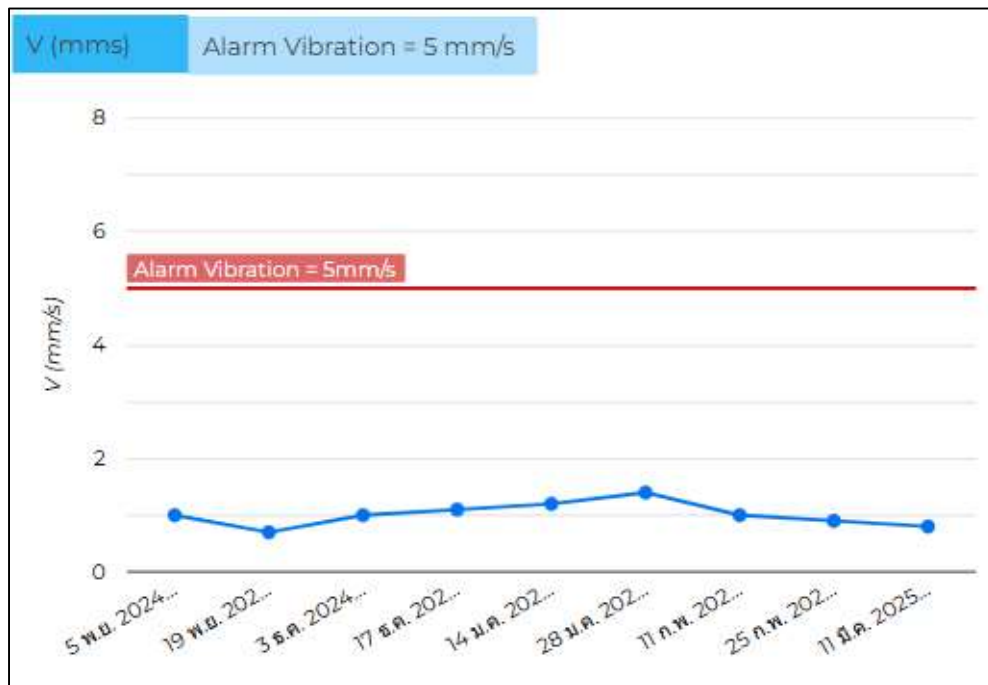
ภาพที่ 58 Trend Plot ค่าการสั่นสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 1 แนวแกน H ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass1 เบอร์ 1



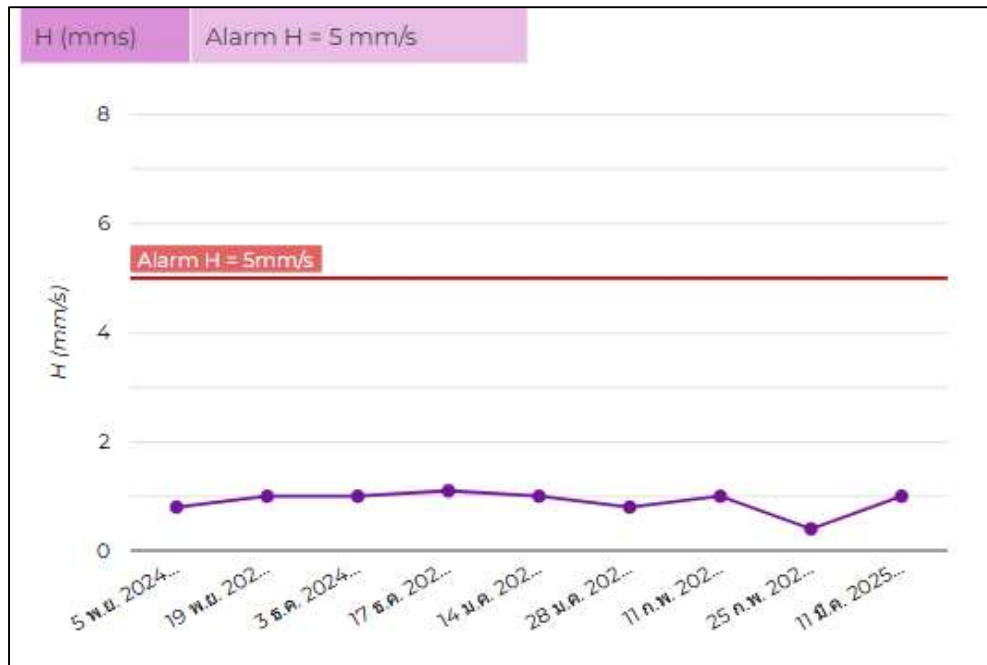
ภาพที่ 59 Trend Plot ค่าการสั่นสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 1 แนวแกน A ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass1 เบอร์ 1



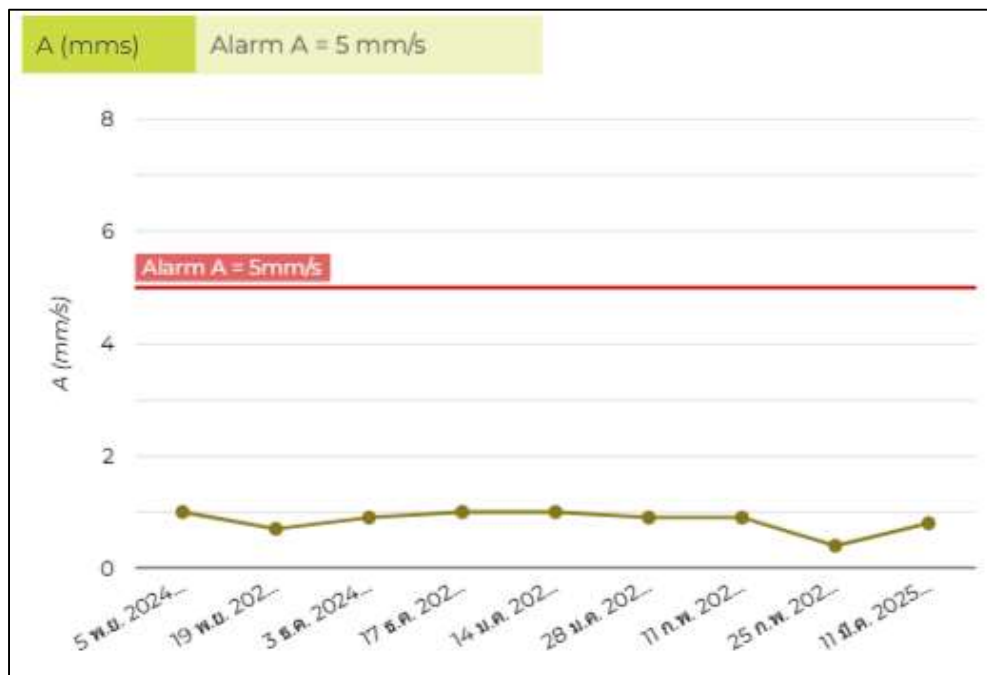
ภาพที่ 60 Trend Plot ค่าอุณหภูมิถังลบลูกปืน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 1 ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass1 เบอร์ 1



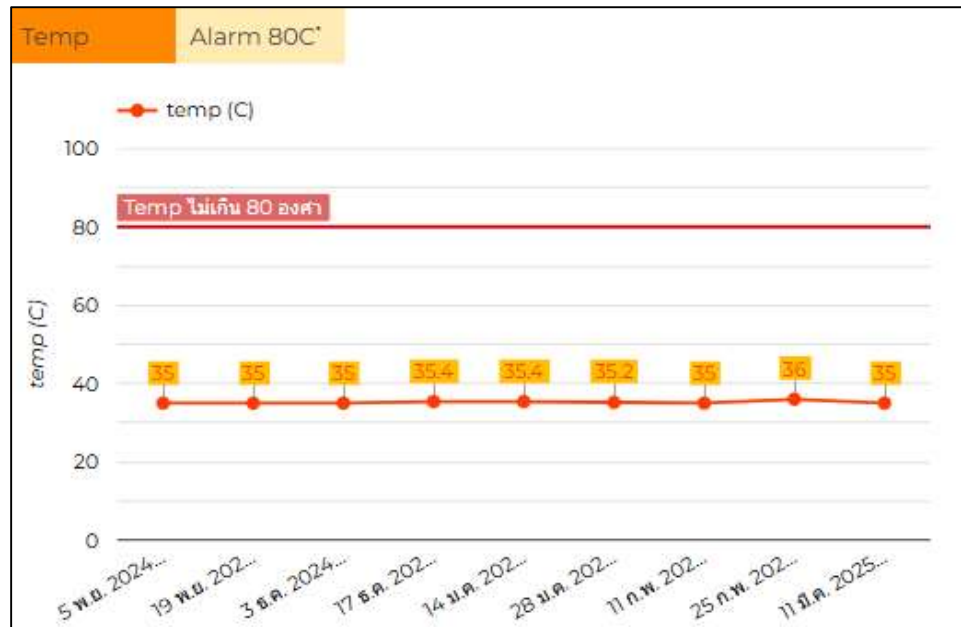
ภาพที่ 61 Trend Plot ค่าการสั่นสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 2 แนวแกน V ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass1 เบอร์ 1



ภาพที่ 62 Trend Plot ค่าการสั่นสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 2 แนวแกน H ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass1 เบอร์ 1



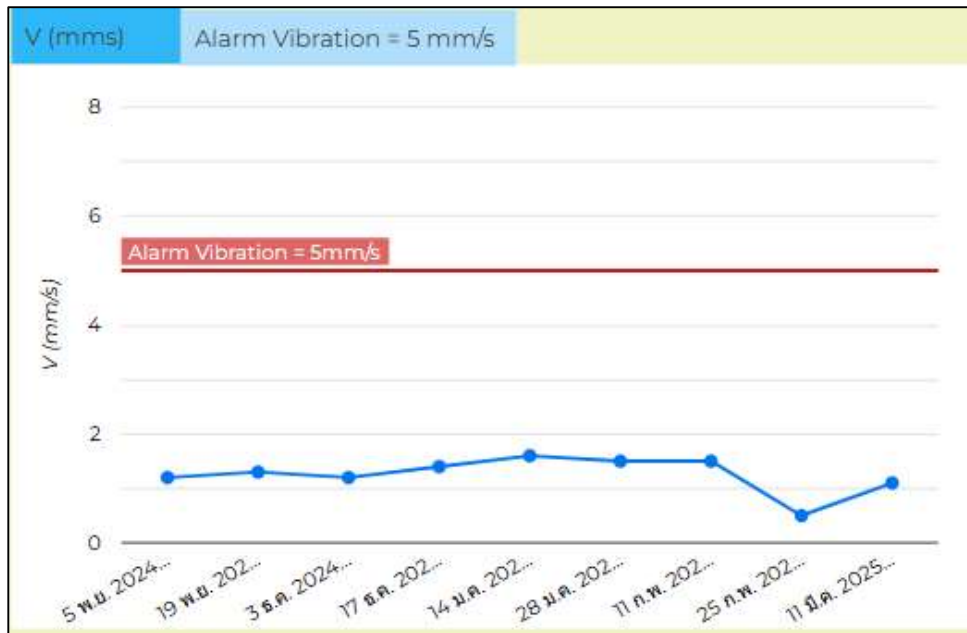
ภาพที่ 63 Trend Plot ค่าการสั่นสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 2 แนวแกน A ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass1 เบอร์ 1



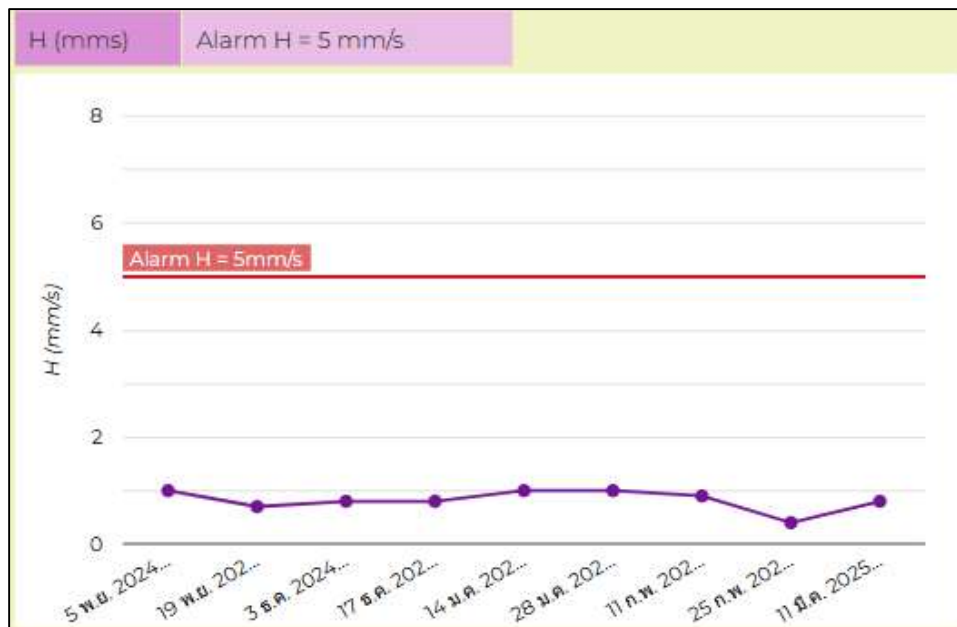
ภาพที่ 64 Trend Plot ค่าอุณหภูมิถังลบลูกปืน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 2 ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass1 เบอร์ 1

4. ปั๊มแรงดันสูง RO Pass1 เบอร์ 2 (RO Pass1 High Pressure Pump no.2 (KKS Code: 02GCK22AP001)) จากการติดตามและบันทึกค่าการสั่นสะเทือนและค่าอุณหภูมิถังลบลูกปืน ในช่วงระยะเวลาเก็บข้อมูลระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2567 ถึงมกราคม พ.ศ. 2568 รวมระยะเวลา 3 เดือน พบว่าค่าที่ตรวจวัดได้อยู่ในเกณฑ์ควบคุมตามมาตรฐานที่กำหนด โดยค่าการสั่นสะเทือนสูงสุดไม่เกิน 5 mm/s ซึ่งอยู่ภายใต้เกณฑ์แจ้งเตือนตามมาตรฐาน ISO 10816-7 ที่ใช้อ้างอิง ทั้งนี้ แม้ในมาตรฐานดังกล่าวจะระบุเพียงค่าการสั่นสะเทือนโดยรวม (Overall Vibration Velocity) โดยไม่แยกตามทิศทางการวัด (Horizontal, Vertical, Axial) แต่ในการประเมินผลของงานวิจัยนี้ได้พิจารณาค่าการสั่นสะเทือนจากทั้ง 3 แกน และใช้ค่าที่สูงที่สุด (Peak Value) จากทุกแกนเป็นเกณฑ์อ้างอิงเพื่อความปลอดภัย หากค่าจากแกนใดเกินเกณฑ์ที่กำหนดจะถือว่าเข้าสู่ภาวะต้องติดตาม (Alert) หรือภาวะผิดปกติ (Alarm) ตามลำดับ

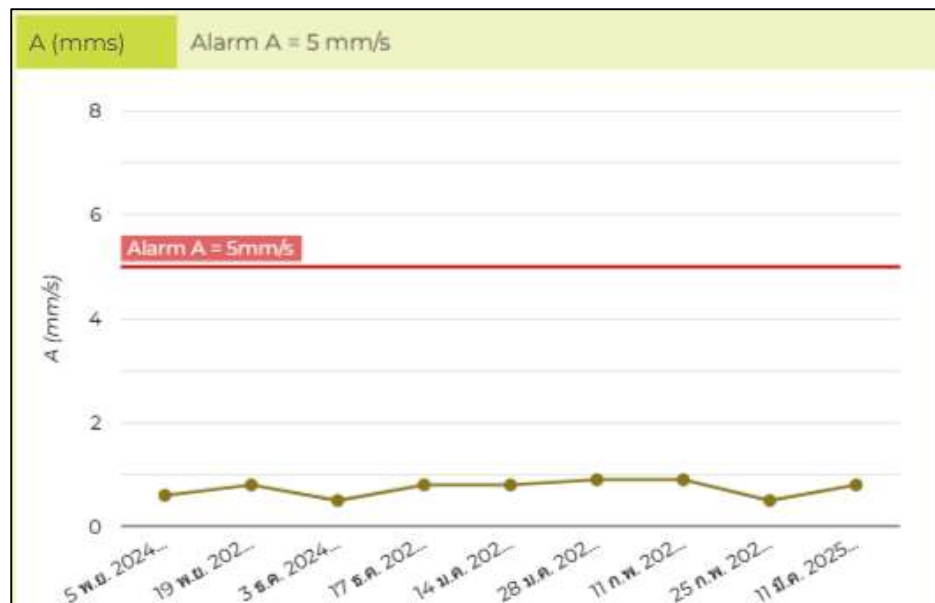
สำหรับค่าอุณหภูมิถังลบลูกปืน พบว่าค่าสูงสุดไม่เกิน 80°C ซึ่งยังอยู่ภายใต้เกณฑ์มาตรฐานตามค่าที่ผู้ผลิตถังลบลูกปืนกำหนด และไม่พบแนวโน้มที่แสดงถึงภาวะความร้อนสะสมหรือการหล่อลื่นที่ไม่เพียงพอ ข้อมูลทั้งหมดได้จัดเก็บอย่างต่อเนื่องและแสดงผลในรูปแบบกราฟแนวโน้ม (Trend Plot) บนแดชบอร์ดแบบเรียลไทม์ เพื่อให้สามารถติดตามสถานะเครื่องจักรได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างการแสดงผลดังกล่าวแสดงไว้ในภาพที่ 65 ถึง 72



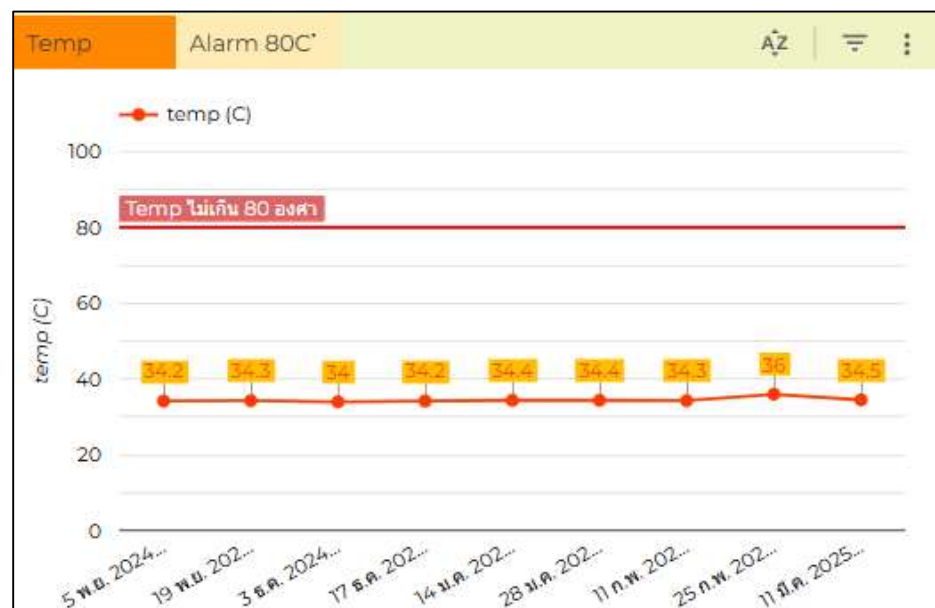
ภาพที่ 65 Trend Plot ค่าการสั่นสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 1 แนวแกน V ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass1 เบอร์ 2



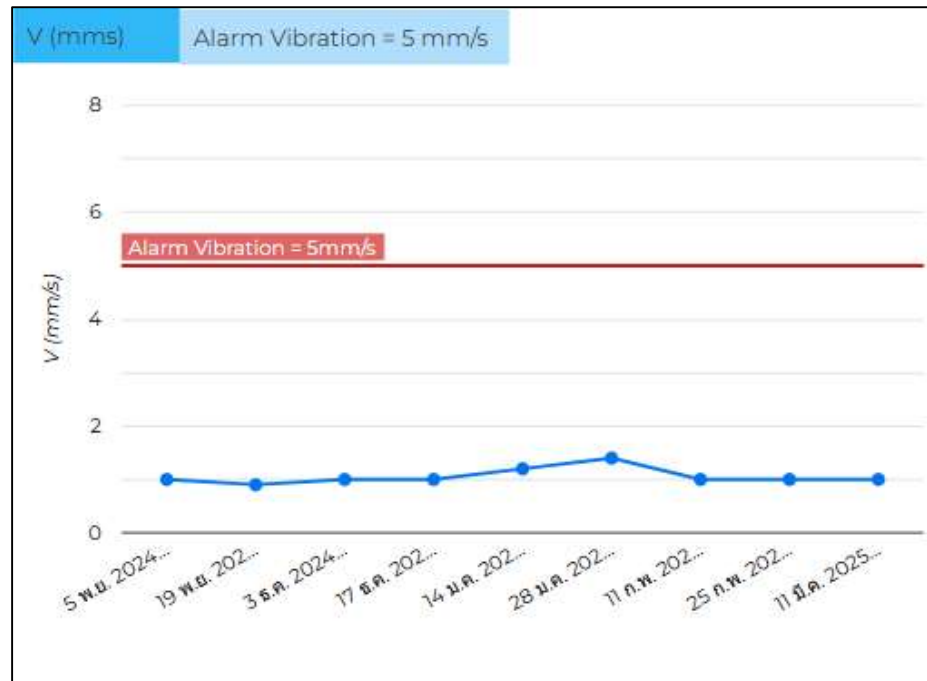
ภาพที่ 66 Trend Plot ค่าการสั่นสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 1 แนวแกน H ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass1 เบอร์ 2



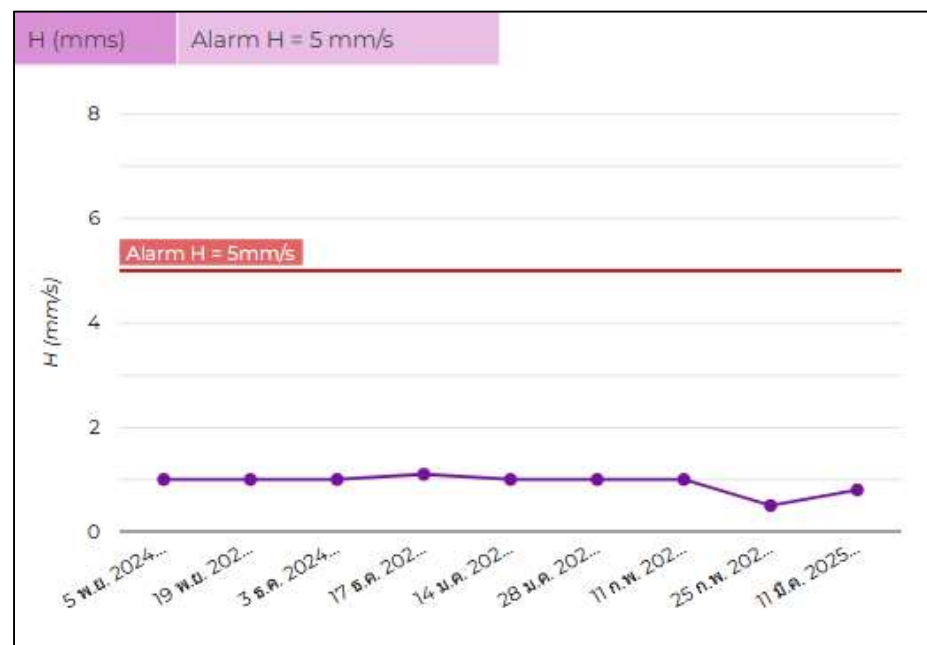
ภาพที่ 67 Trend Plot ค่าการสั่นสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 1 แนวแกน A ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass1 เบอร์ 2



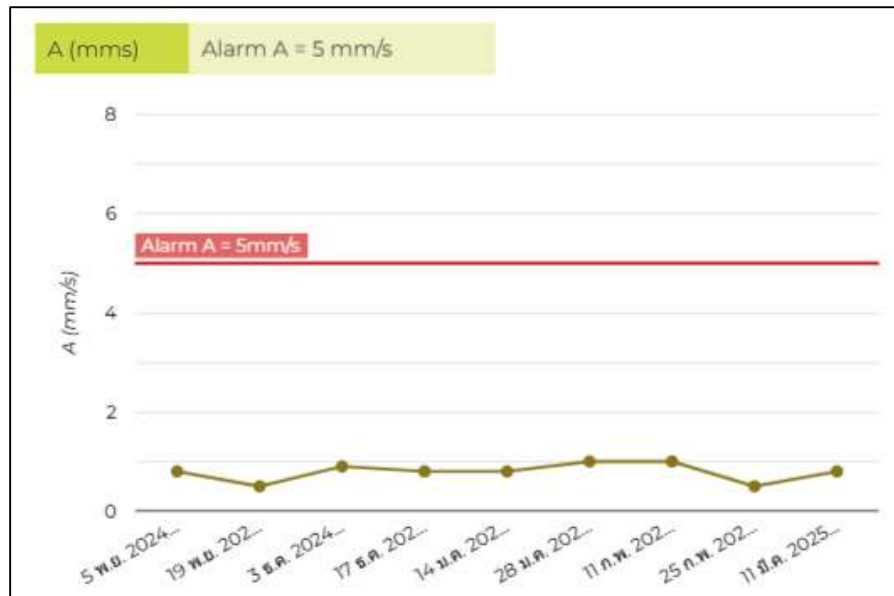
ภาพที่ 68 Trend Plot ค่าอุณหภูมิถังลูกปืน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 1 ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass1 เบอร์ 2



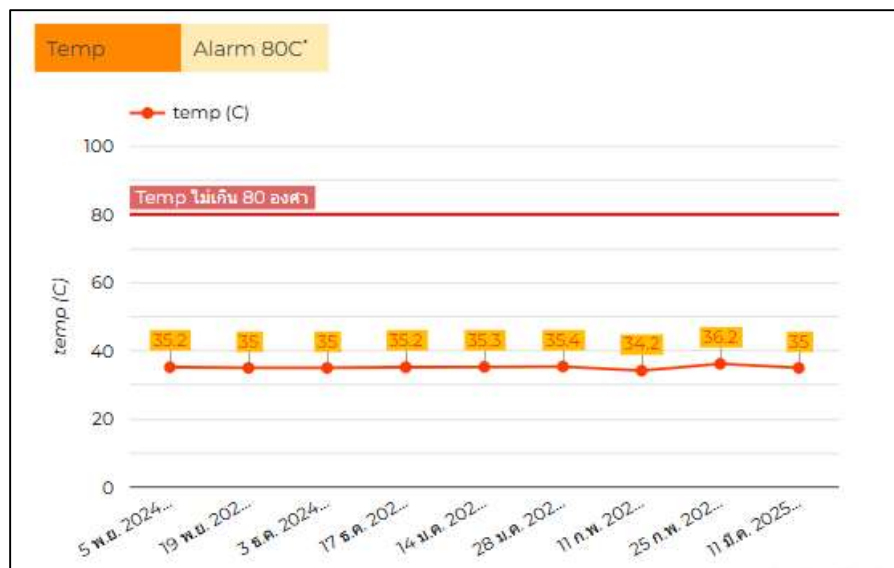
ภาพที่ 69 Trend Plot ค่าการสั่นสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 2 แนวแกน V ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass1 เบอร์ 2



ภาพที่ 70 Trend Plot ค่าการสั่นสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 2 แนวแกน H ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass1 เบอร์ 2



ภาพที่ 71 Trend Plot ค่าการสั่นสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 2 แนวแกน A ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass1 เบอร์ 2

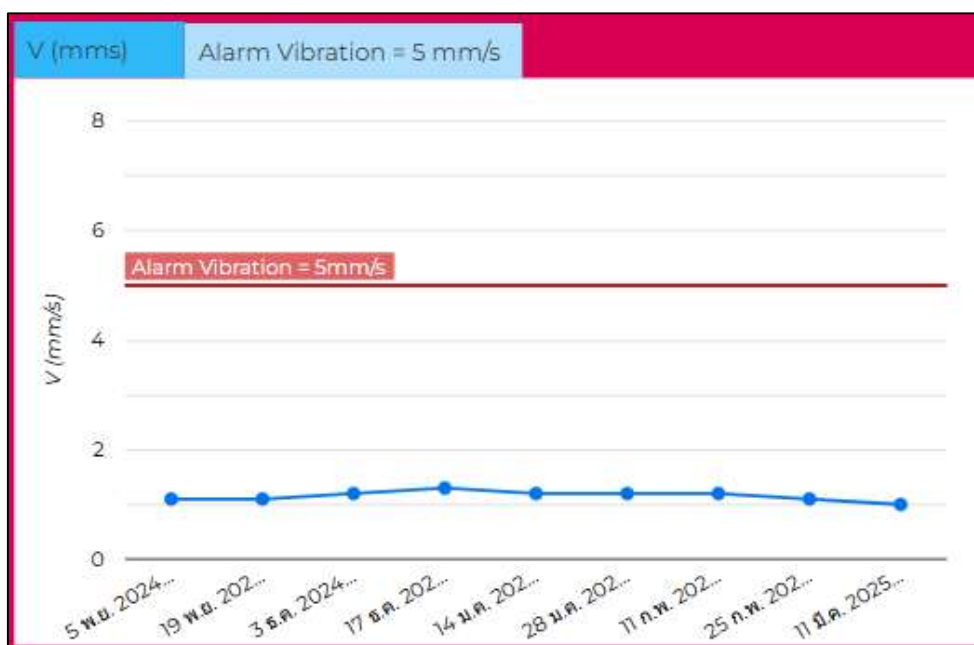


ภาพที่ 72 Trend Plot ค่าอุณหภูมิถังลูกปืน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 2 ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass1 เบอร์ 2

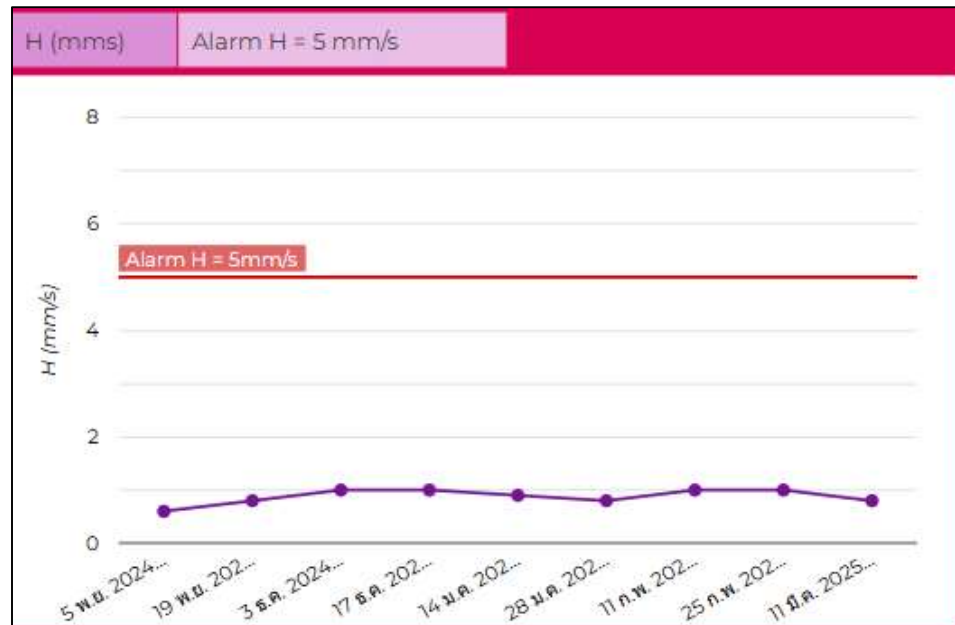
5. ปั๊มแรงดันสูง RO Pass2 เบอร์ 1 (RO Pass2 High Pressure Pump no.1 (KKS Code: 02GCK31AP001)) จากการติดตามและบันทึกค่าการสั่นสะเทือนและค่าอุณหภูมิถังลูกปืน ในช่วงระยะเวลาเก็บข้อมูลระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2567 ถึงมกราคม พ.ศ. 2568 รวมระยะเวลา 3

เดือน พบว่าค่าที่ตรวจวัดได้อยู่ในเกณฑ์ควบคุมตามมาตรฐานที่กำหนด โดยค่าการสั่นสะเทือนสูงสุดไม่เกิน 5 mm/s ซึ่งอยู่ภายใต้เกณฑ์แจ้งเตือนตามมาตรฐาน ISO 10816-7 ที่ใช้อ้างอิง ทั้งนี้ แม้ในมาตรฐานดังกล่าวจะระบุเพียงค่าการสั่นสะเทือนโดยรวม (Overall Vibration Velocity) โดยไม่แยกตามทิศทางการวัด (Horizontal, Vertical, Axial) แต่ในการประเมินผลของงานวิจัยนี้ได้พิจารณาค่าการสั่นสะเทือนจากทั้ง 3 แกน และใช้ค่าที่สูงที่สุด (Peak Value) จากทุกแกนเป็นเกณฑ์อ้างอิงเพื่อความปลอดภัย หากค่าจากแกนใดเกินเกณฑ์ที่กำหนดจะถือว่าเข้าสู่ภาวะต้องติดตาม (Alert) หรือภาวะผิดปกติ (Alarm) ตามลำดับ

สำหรับค่าอุณหภูมิตัวลูกปืน พบว่าค่าสูงสุดไม่เกิน 80°C ซึ่งยังอยู่ภายใต้เกณฑ์มาตรฐานตามค่าที่ผู้ผลิตตัวลูกปืนกำหนด และไม่พบแนวโน้มที่แสดงถึงภาวะความร้อนสะสมหรือการหล่อลื่นที่ไม่เพียงพอ ข้อมูลทั้งหมดได้จัดเก็บอย่างต่อเนื่องและแสดงผลในรูปแบบกราฟแนวโน้ม (Trend Plot) บนแดชบอร์ดแบบเรียลไทม์ เพื่อให้สามารถติดตามสถานะเครื่องจักรได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างการแสดงผลดังกล่าวแสดงไว้ในภาพที่ 73 ถึง 80



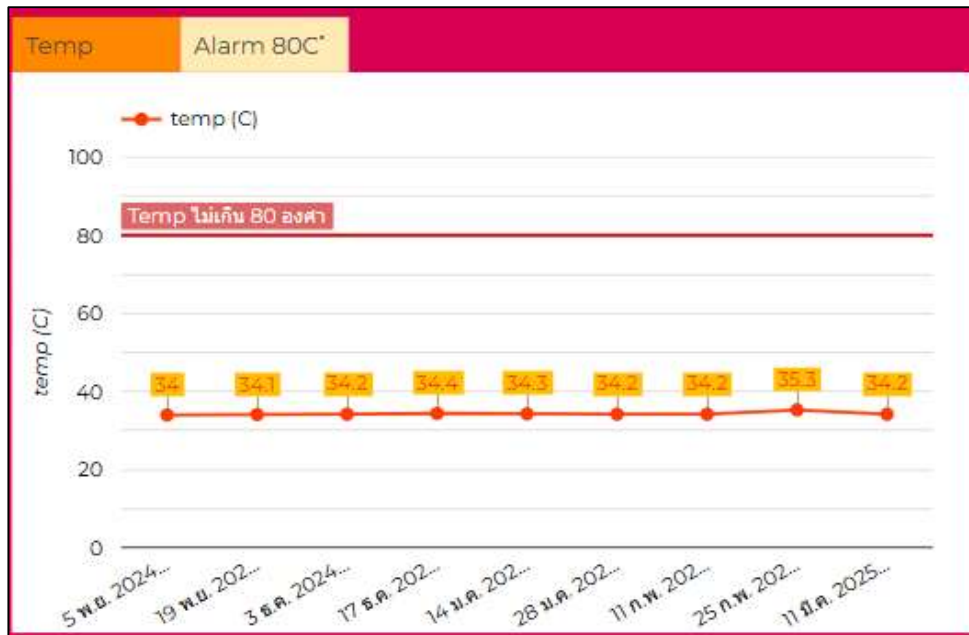
ภาพที่ 73 Trend Plot ค่าการสั่นสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 1 แนวแกน V ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass2 เบอร์ 1



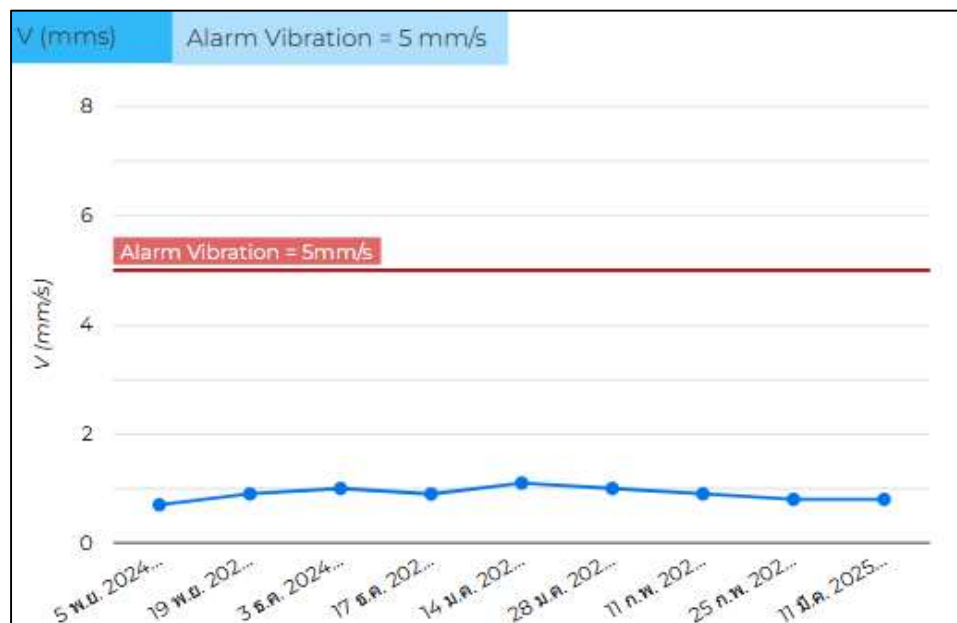
ภาพที่ 74 Trend Plot ค่าการสั่นสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 1 แนวแกน H ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass2 เบอร์ 1



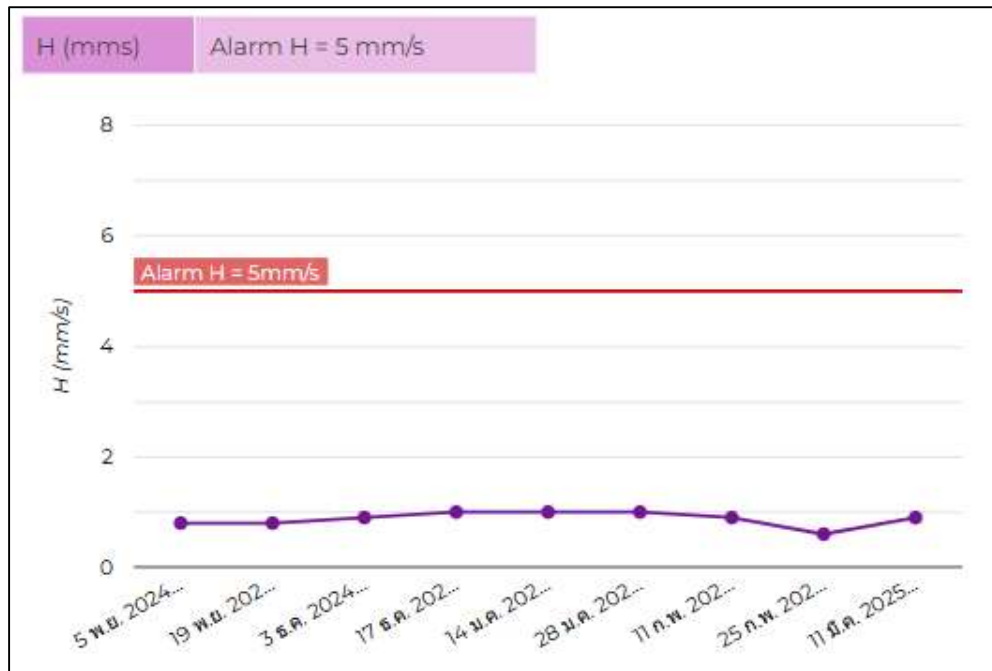
ภาพที่ 75 Trend Plot ค่าการสั่นสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 1 แนวแกน A ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass2 เบอร์ 1



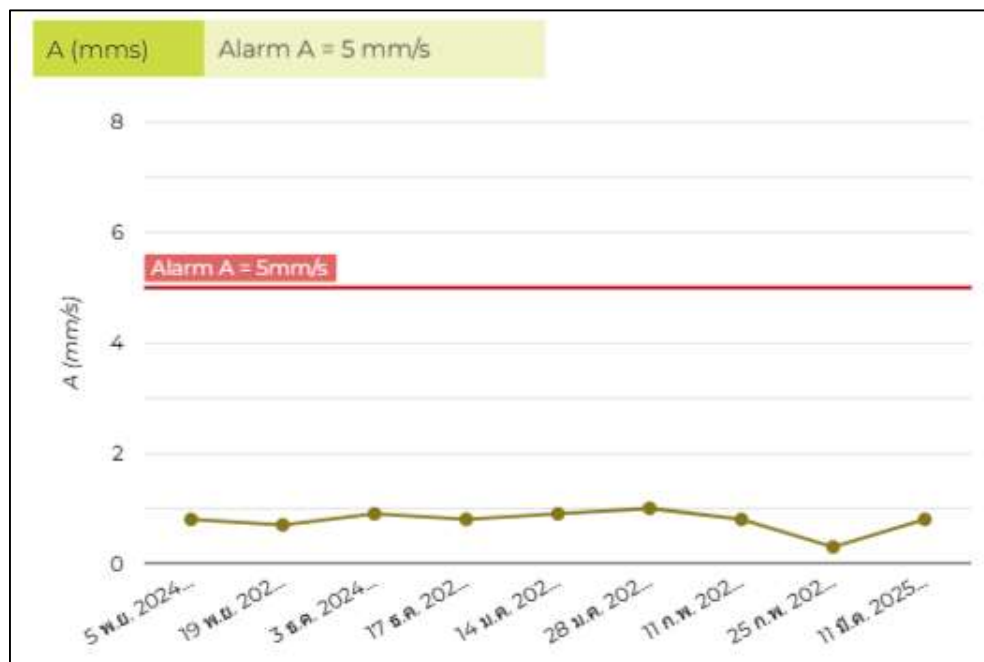
ภาพที่ 76 Trend Plot ค่าอุณหภูมิตัวลูกปืน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 1 ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass2 เบอร์ 1



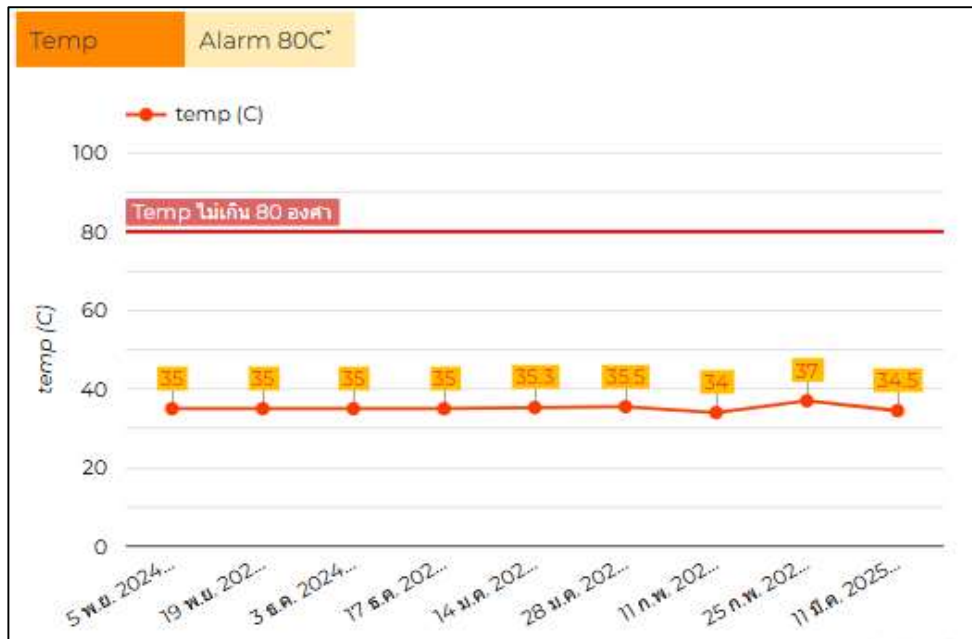
ภาพที่ 77 Trend Plot ค่าการสั่นสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 2 แนวแกน V ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass2 เบอร์ 1



ภาพที่ 78 Trend Plot ค่าการสั่นสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 2 แนวแกน H ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass2 เบอร์ 1



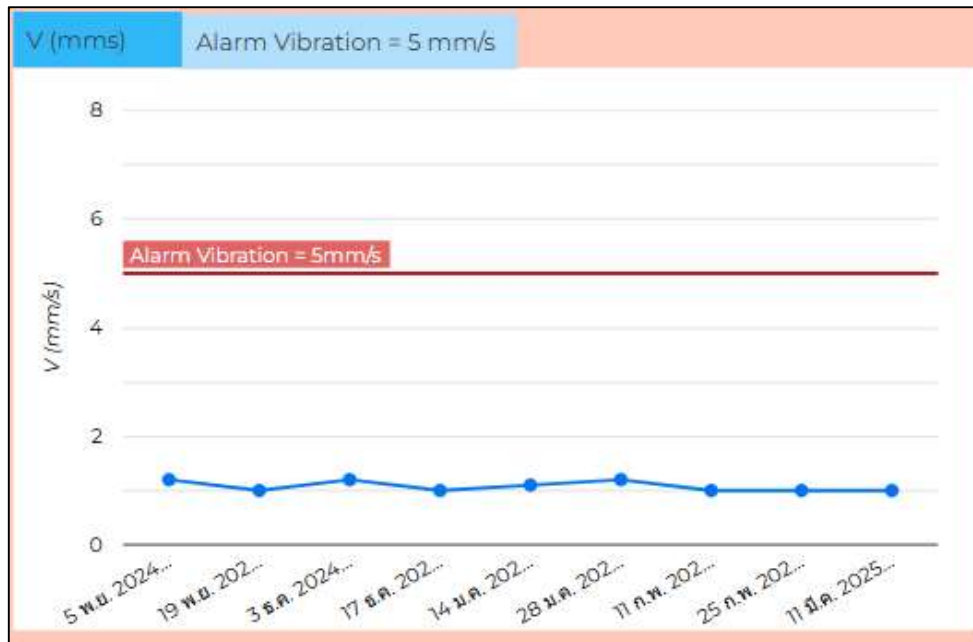
ภาพที่ 79 Trend Plot ค่าการสั่นสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 2 แนวแกน A ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass2 เบอร์ 1



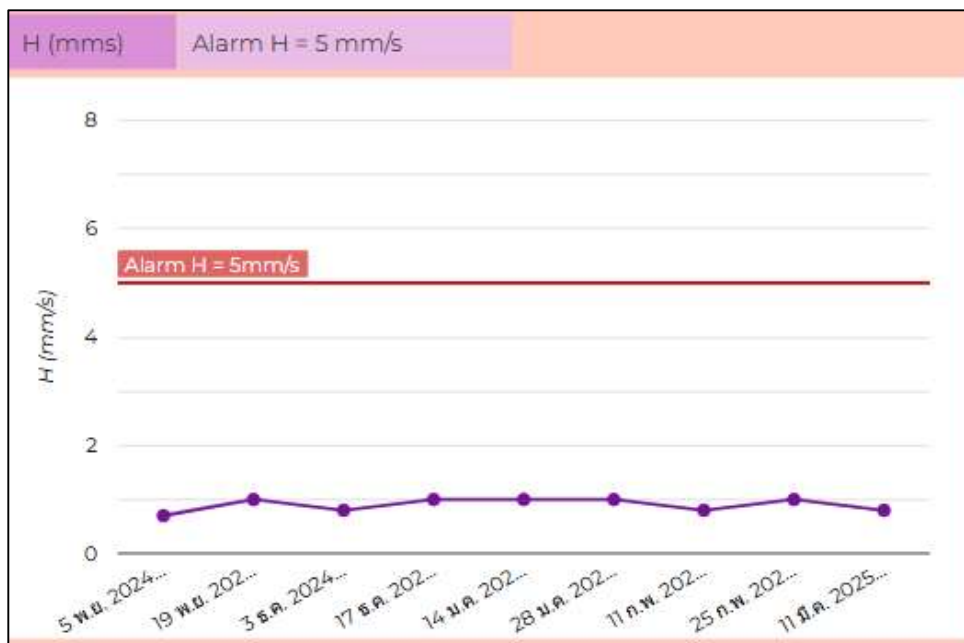
ภาพที่ 80 Trend Plot ค่าอุณหภูมิถังลบลูกปืน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 2 ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass2 เบอร์ 1

6. ปั๊มแรงดันสูง RO Pass2 เบอร์ 2 (RO Pass2 High Pressure Pump no.2 (KKS Code : 02GCK32AP001)) จากการติดตามและบันทึกค่าการสั่นสะเทือนและค่าอุณหภูมิถังลบลูกปืน ในช่วงระยะเวลาเก็บข้อมูลระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2567 ถึงมกราคม พ.ศ. 2568 รวมระยะเวลา 3 เดือน พบว่าค่าที่ตรวจวัดได้อยู่ในเกณฑ์ควบคุมตามมาตรฐานที่กำหนด โดยค่าการสั่นสะเทือนสูงสุดไม่เกิน 5 mm/s ซึ่งอยู่ภายใต้เกณฑ์แจ้งเตือนตามมาตรฐาน ISO 10816-7 ที่ใช้อ้างอิง ทั้งนี้ แม้ในมาตรฐานดังกล่าวจะระบุเพียงค่าการสั่นสะเทือนโดยรวม (Overall Vibration Velocity) โดยไม่แยกตามทิศทางการวัด (Horizontal, Vertical, Axial) แต่ในการประเมินผลของงานวิจัยนี้ได้พิจารณาค่าการสั่นสะเทือนจากทั้ง 3 แกน และใช้ค่าที่สูงที่สุด (Peak Value) จากทุกแกนเป็นเกณฑ์อ้างอิงเพื่อความปลอดภัย หากค่าจากแกนใดเกินเกณฑ์ที่กำหนดจะถือว่าเข้าสู่ภาวะต้องติดตาม (Alert) หรือภาวะผิดปกติ (Alarm) ตามลำดับ

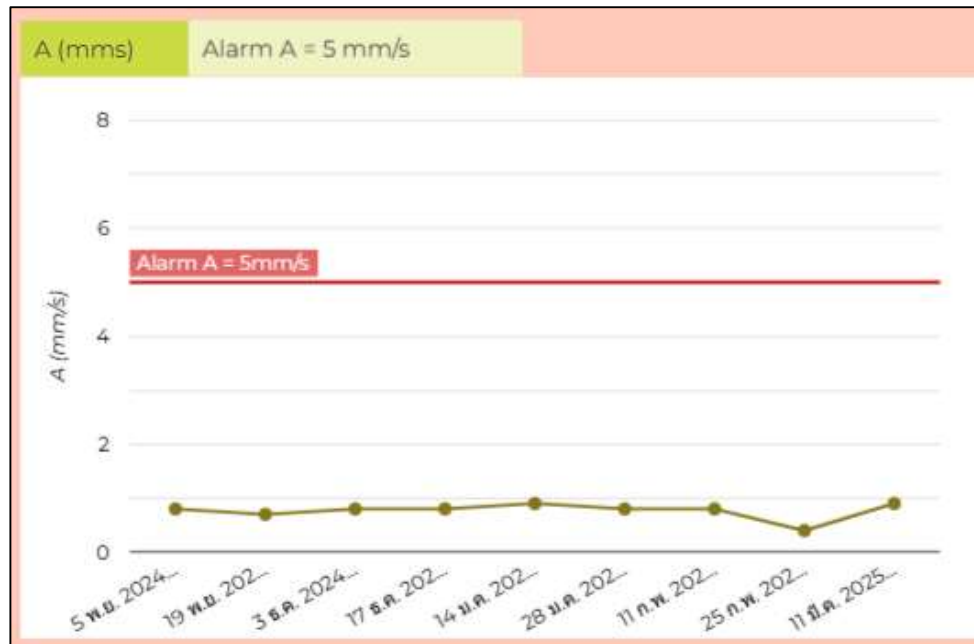
สำหรับค่าอุณหภูมิถังลบลูกปืน พบว่าค่าสูงสุดไม่เกิน 80°C ซึ่งยังอยู่ภายใต้เกณฑ์มาตรฐานตามค่าที่ผู้ผลิตถังลบลูกปืนกำหนด และไม่พบแนวโน้มที่แสดงถึงภาวะความร้อนสะสมหรือการหล่อลื่นที่ไม่เพียงพอ ข้อมูลทั้งหมดได้จัดเก็บอย่างต่อเนื่องและแสดงผลในรูปแบบกราฟแนวโน้ม (Trend Plot) บนแดชบอร์ดแบบเรียลไทม์ เพื่อให้สามารถติดตามสถานะเครื่องจักรได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างการแสดงผลดังกล่าวแสดงไว้ในภาพที่ 81 ถึง 88



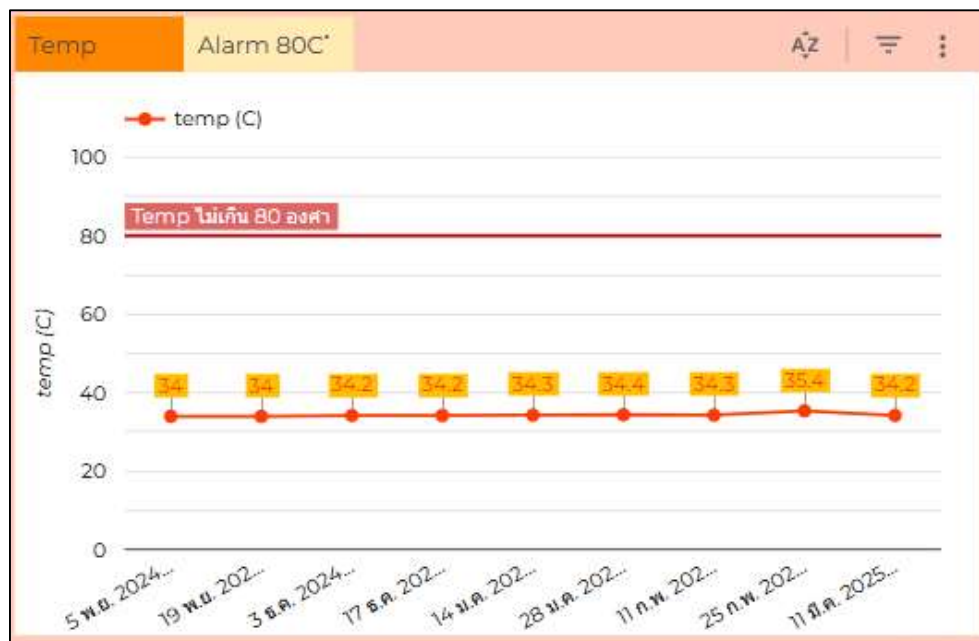
ภาพที่ 81 Trend Plot ค่าการสั่นสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 1 แนวแกน V ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass2 เบอร์ 2



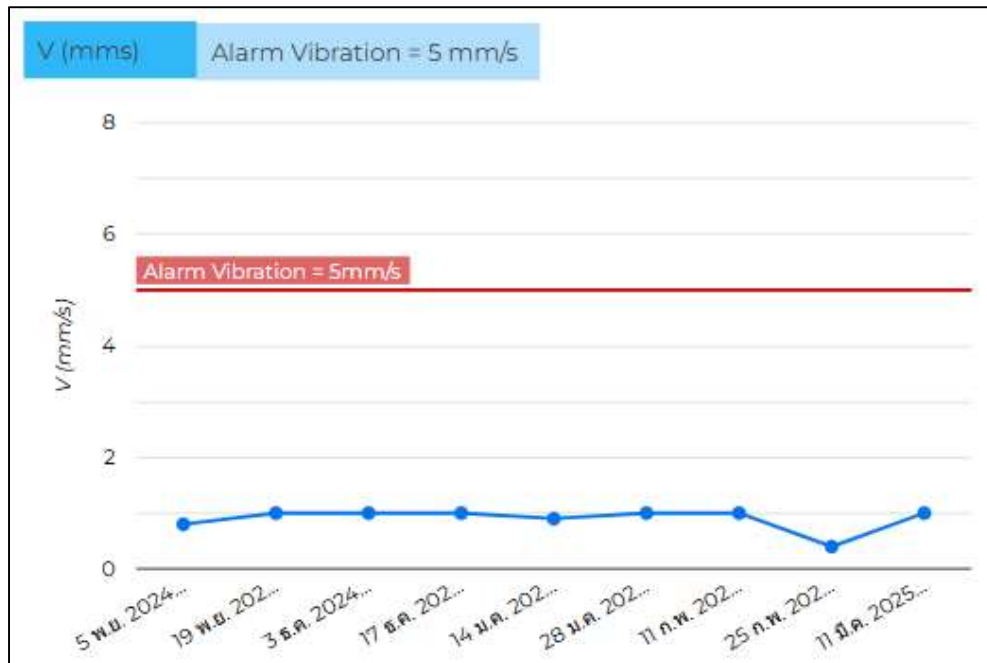
ภาพที่ 82 Trend Plot ค่าการสั่นสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 1 แนวแกน H ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass2 เบอร์ 2



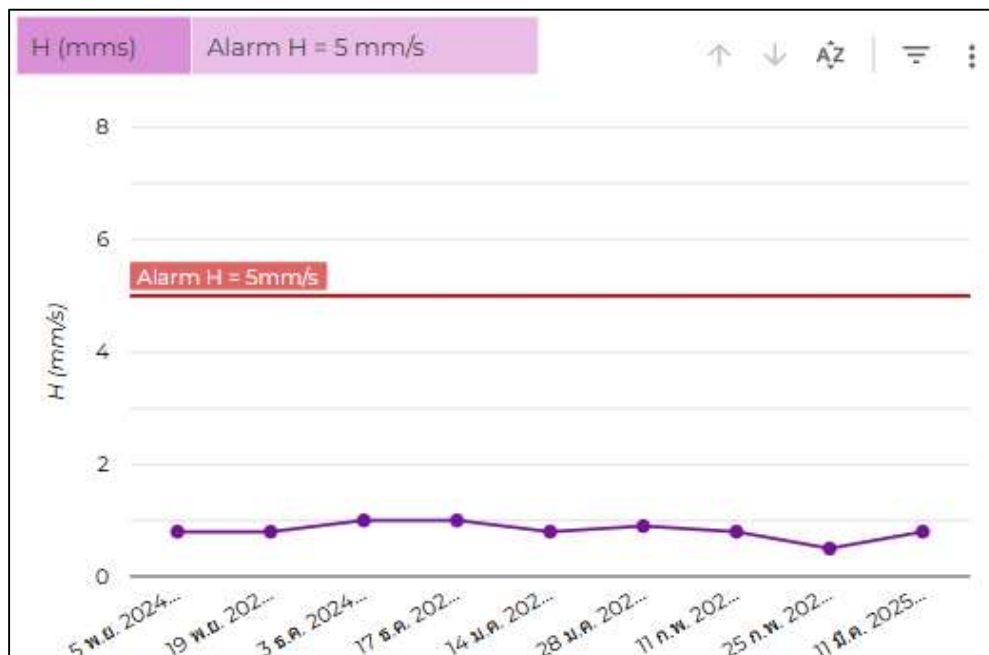
ภาพที่ 83 Trend Plot ค่าการสั่นสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 1 แนวแกน A ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass2 เบอร์ 2



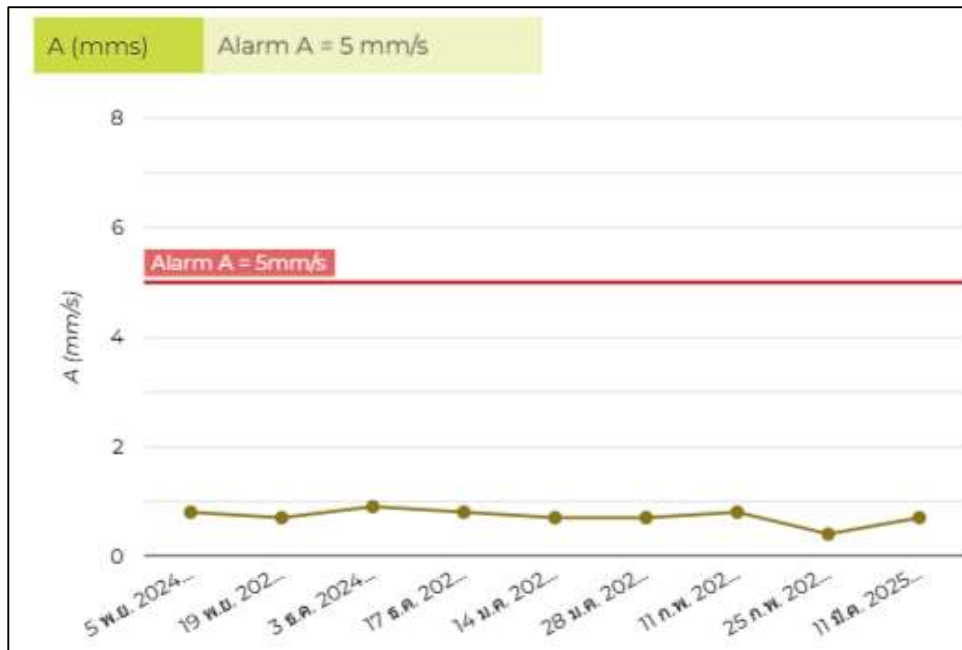
ภาพที่ 84 Trend Plot ค่าอุณหภูมิถังปลุกเป็น ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 1 ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass2 เบอร์ 2



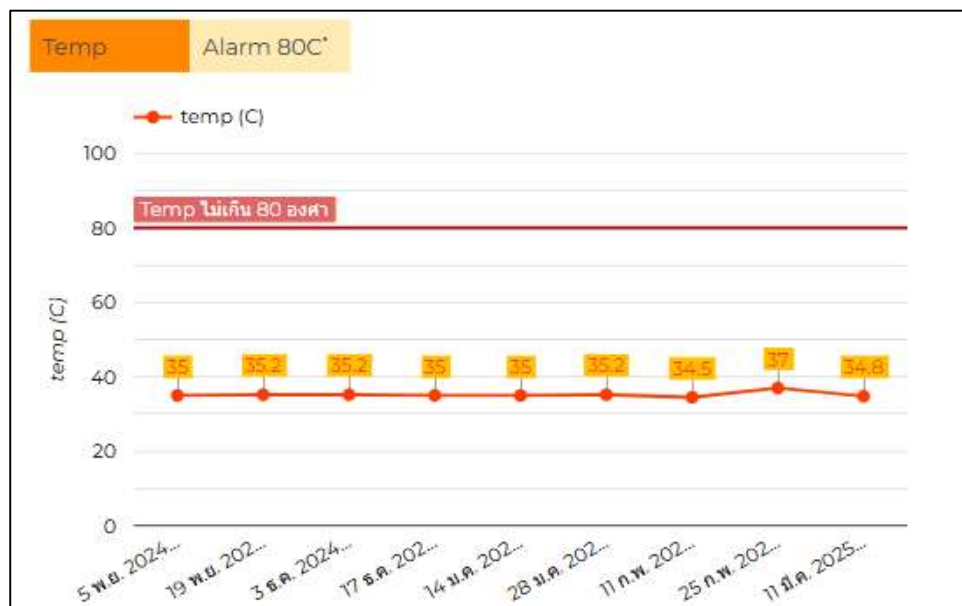
ภาพที่ 85 Trend Plot ค่าการสั่นสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 2 แนวแกน V ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass2 เบอร์ 2



ภาพที่ 86 Trend Plot ค่าการสั่นสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 2 แนวแกน H ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass2 เบอร์ 2



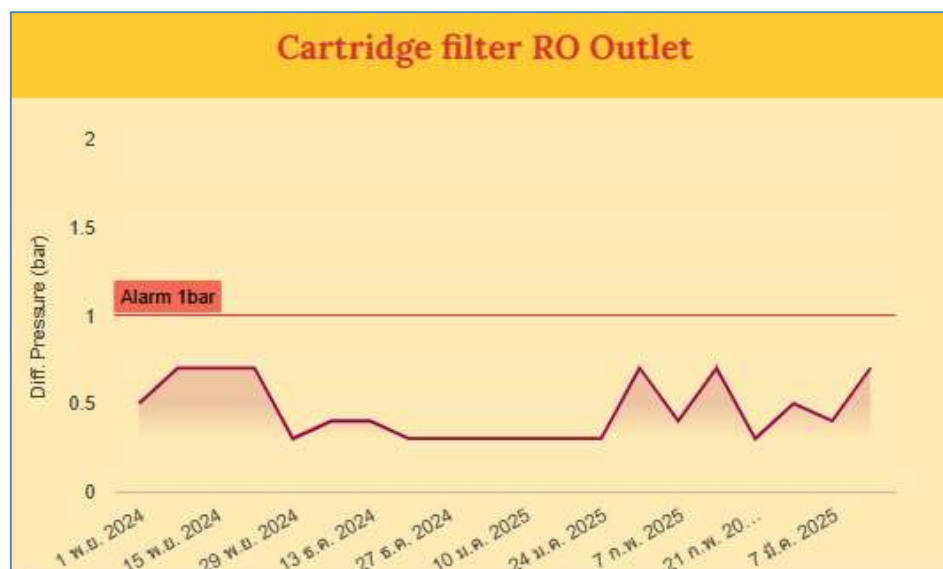
ภาพที่ 87 Trend Plot ค่าการสั่นสะเทือน ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 2 แนวแกน A ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass2 เบอร์ 2



ภาพที่ 88 Trend Plot ค่าอุณหภูมิถังบลูกิ้น ณ ตำแหน่งการตรวจวัด Position 2 ของปั๊มแรงดันสูง RO Pass2 เบอร์ 2

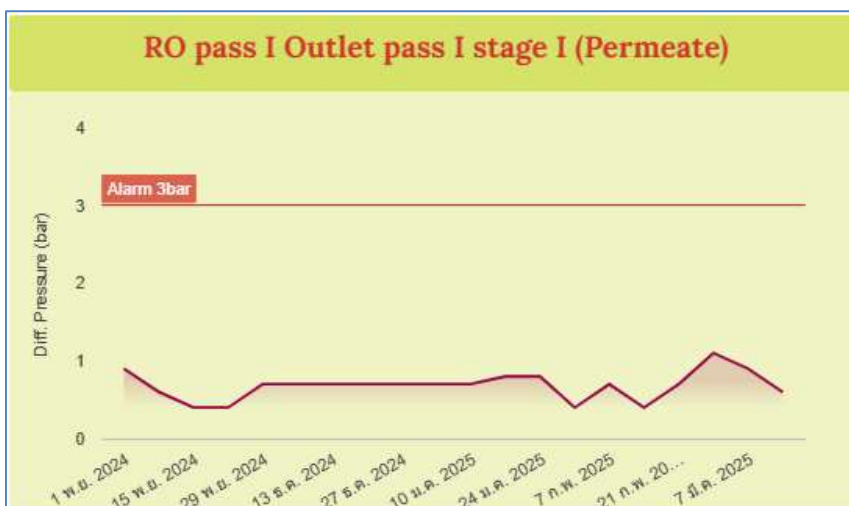
4.3.2 ผลการติดตาม ตรวจวัดค่าความดันตกคร่อม (RO Diff. Pressure Online) ในระบบรีเวิร์สออสโมซิส (RO) กรณีศึกษา จำนวน 5 ตำแหน่ง

1. ค่าความดันตกคร่อม Diff. Pressure of Cartridge filter RO Outlet จากการติดตามข้อมูลระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2567 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2568 รวมระยะเวลา 3 เดือน พบว่าค่าความดันตกคร่อมที่ตรวจวัดได้อยู่ในเกณฑ์ควบคุมตลอดช่วงเวลากาเก็บข้อมูล โดยมีค่าสูงสุดไม่เกิน 1 bar ซึ่งไม่เกินค่าการแจ้งเตือน (Alarm Threshold) ที่อ้างอิงจาก คู่มือการเดินเครื่องของแผนกเคมี ที่ใช้ภายในโรงไฟฟ้า กรณีศึกษา ทั้งนี้ข้อมูลดังกล่าวได้ถูกจัดเก็บอย่างต่อเนื่อง และนำเสนอในรูปแบบของกราฟแนวโน้ม (Trend Plot) เพื่อแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าตามช่วงเวลา โดยมีตัวอย่างการแสดงผลในหน้าแดชบอร์ดของระบบสารสนเทศ แสดงไว้ในภาพที่ 89



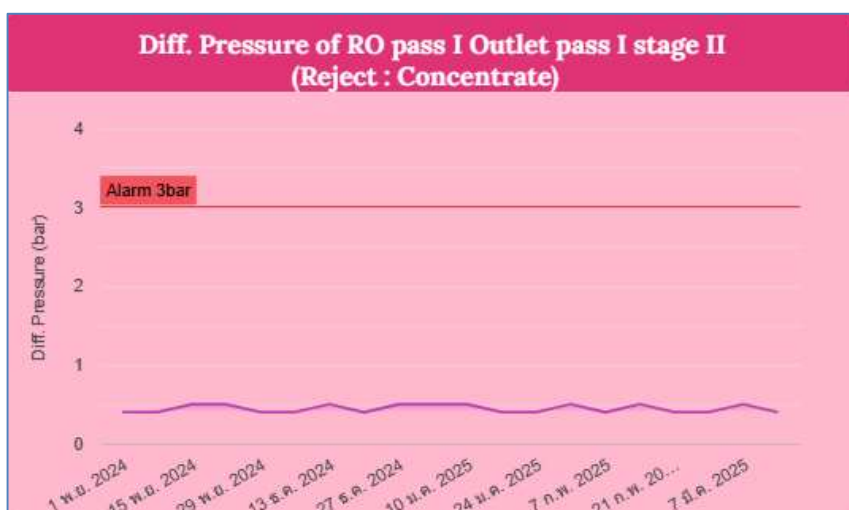
ภาพที่ 89 Trend Plot ค่าความดันตกคร่อม Diff. Pressure of Cartridge filter RO Outlet

2. ค่าความดันตกคร่อม Diff. Pressure of RO pass I Outlet pass I stage I (Permeate) จากการติดตามข้อมูลระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2567 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2568 รวมระยะเวลา 3 เดือน พบว่าค่าความดันตกคร่อมที่ตรวจวัดได้อยู่ในเกณฑ์ควบคุมตลอดช่วงเวลากาเก็บข้อมูล โดยมีค่าสูงสุดไม่เกิน 3 bar ซึ่งไม่เกินค่าการแจ้งเตือน (Alarm Threshold) ที่อ้างอิงจาก คู่มือการเดินเครื่องของแผนกเคมี ที่ใช้ภายในโรงไฟฟ้า กรณีศึกษา ทั้งนี้ข้อมูลดังกล่าวได้ถูกจัดเก็บอย่างต่อเนื่อง และนำเสนอในรูปแบบของกราฟแนวโน้ม (Trend Plot) เพื่อแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าตามช่วงเวลา โดยมีตัวอย่างการแสดงผลในหน้าแดชบอร์ดของระบบสารสนเทศ แสดงไว้ในภาพที่ 90



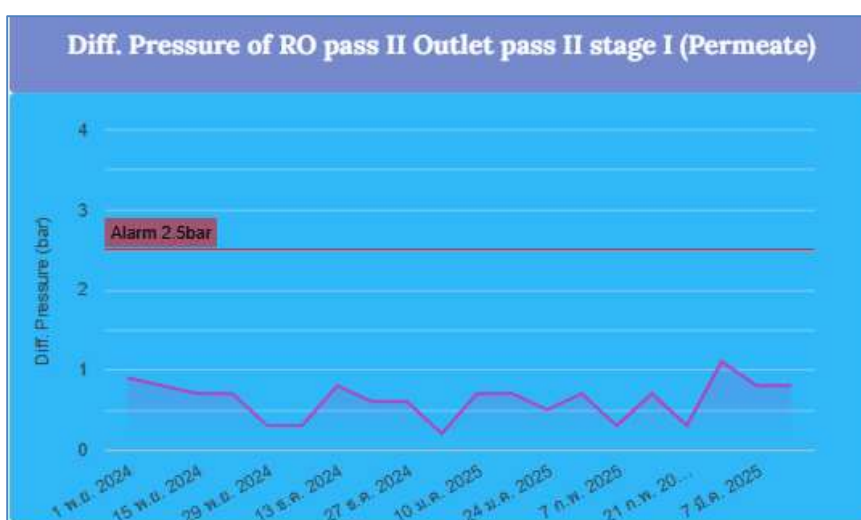
ภาพที่ 90 Trend Plot ค่าความดันตกคร่อม Diff. Pressure of RO pass I Outlet pass I stage I (Permeate)

3.ค่าความดันตกคร่อม Diff. Pressure of RO pass I Outlet pass I stage II (Reject: Concentrate) จากการติดตามข้อมูลระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2567 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2568 รวมระยะเวลา 3 เดือน พบว่าค่าความดันตกคร่อมที่ตรวจวัดได้อยู่ในเกณฑ์ควบคุมตลอดช่วงเวลาการเก็บข้อมูล โดยมีค่าสูงสุดไม่เกิน 3 bar ซึ่งไม่เกินค่าการแจ้งเตือน (Alarm Threshold) ที่อ้างอิงจาก คู่มือการเดินเครื่องของแผงเคมี ที่ใช้ภายในโรงไฟฟ้า ทัศนศึกษา ทั้งนี้ข้อมูลดังกล่าวได้ถูกจัดเก็บอย่างต่อเนื่อง และนำเสนอในรูปแบบของกราฟแนวโน้ม (Trend Plot) เพื่อแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าตามช่วงเวลา โดยมีตัวอย่างการแสดงผลในหน้าแดชบอร์ดของระบบสารสนเทศ แสดงไว้ในภาพที่ 91



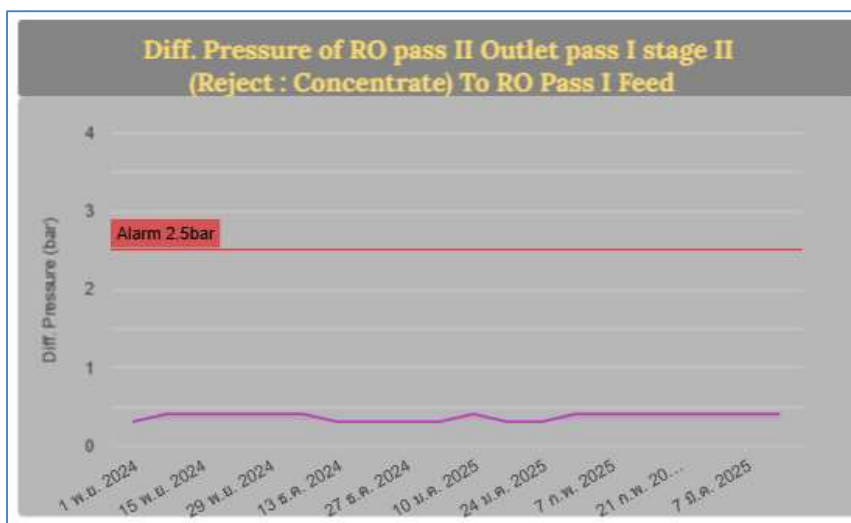
ภาพที่ 91 Trend Plot ค่าความดันตกคร่อม Diff. Pressure of RO pass I Outlet pass I stage II (Reject: Concentrate)

4. ค่าความดันตกคร่อม Diff. Pressure of RO pass II Outlet pass II stage I (Permeate) จากการติดตามข้อมูลระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2567 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2568 รวมระยะเวลา 3 เดือน พบว่าค่าความดันตกคร่อมที่ตรวจวัดได้อยู่ในเกณฑ์ควบคุมตลอดช่วงเวลาการเก็บข้อมูล โดยมีค่าสูงสุดไม่เกิน 2.5 bar ซึ่งไม่เกินค่าการแจ้งเตือน (Alarm Threshold) ที่อ้างอิงจากคู่มือการเดินเครื่องของแผ่นกเคมี ที่ใช้ภายในโรงไฟฟ้า ภูมิศึกษา ทั้งนี้ข้อมูลดังกล่าวได้ถูกจัดเก็บอย่างต่อเนื่อง และนำเสนอในรูปแบบของกราฟแนวโน้ม (Trend Plot) เพื่อแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าตามช่วงเวลา โดยมีตัวอย่างการแสดงผลในหน้าแดชบอร์ดของระบบสารสนเทศ แสดงไว้ในภาพที่ 92



ภาพที่ 92 Trend Plot ค่าความดันตกคร่อม Diff. Pressure of RO pass II Outlet pass II stage I (Permeate)

5. ค่าความดันตกคร่อม Diff. Pressure of RO pass II Outlet pass I stage II (Reject: Concentrate) To RO Pass I Feed จากการติดตามข้อมูลระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2567 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2568 รวมระยะเวลา 3 เดือน พบว่าค่าความดันตกคร่อมที่ตรวจวัดได้อยู่ในเกณฑ์ควบคุมตลอดช่วงเวลาการเก็บข้อมูล โดยมีค่าสูงสุดไม่เกิน 2.5 bar ซึ่งไม่เกินค่าการแจ้งเตือน (Alarm Threshold) ที่อ้างอิงจาก คู่มือการเดินเครื่องของแผ่นกเคมี ที่ใช้ภายในโรงไฟฟ้า ภูมิศึกษา ทั้งนี้ข้อมูลดังกล่าวได้ถูกจัดเก็บอย่างต่อเนื่อง และนำเสนอในรูปแบบของกราฟแนวโน้ม (Trend Plot) เพื่อแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าตามช่วงเวลา โดยมีตัวอย่างการแสดงผลในหน้าแดชบอร์ดของระบบสารสนเทศ แสดงไว้ในภาพที่ 93



ภาพที่ 93 Trend Plot ค่าความดันตกคร่อม Diff. Pressure of RO pass II Outlet pass I stage II (Reject: Concentrate) To RO Pass I Feed

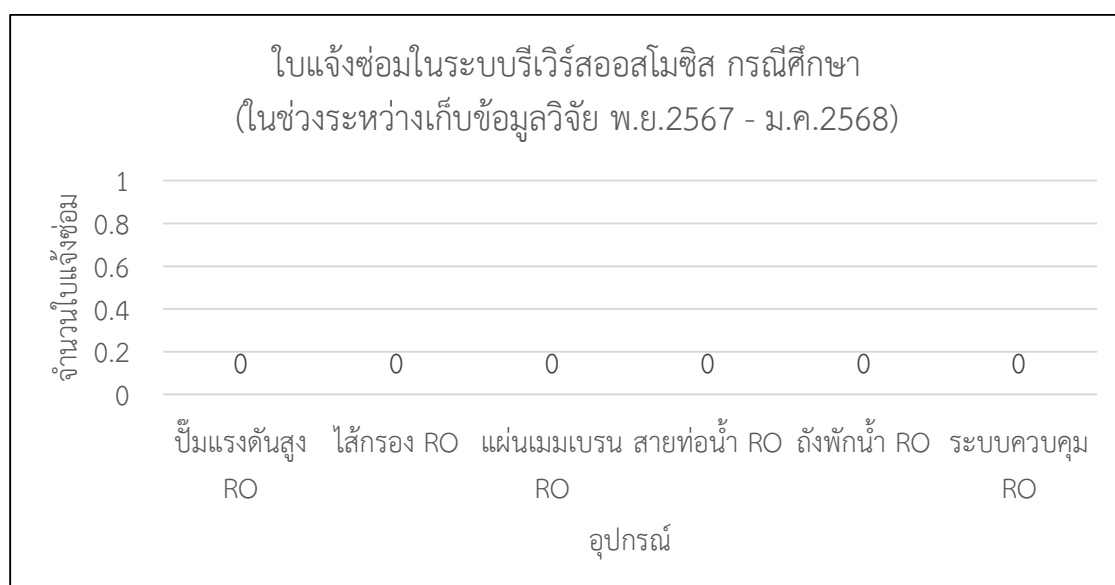
#### 4.4 รายงานจำนวนใบแจ้งซ่อมหลังจากการใช้งานระบบใหม่

จากการตรวจสอบข้อมูลใบแจ้งซ่อมของระบบรีเวิร์สออสโมซิส (RO) ที่ได้จากหน่วยงานเดินเครื่อง ผ่านโปรแกรมใบแจ้งซ่อม Maximo ในช่วงระยะเวลาการเก็บข้อมูลระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2567 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2568 รวมระยะเวลา 3 เดือน โดยจำแนกตามกลุ่มอุปกรณ์ (Equipment Group) ตามรายละเอียดในตารางที่ 7 และแสดงแนวโน้มด้วยแผนภูมิตามภาพที่ 94 พบว่า หลังจากมีการวิเคราะห์ปัญหาและดำเนินการปรับปรุงระบบงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน จำนวนใบแจ้งซ่อมของอุปกรณ์ทุกประเภทในระบบ RO ได้แก่ ปัม্পแรงดันสูง ไส้กรอง แผ่นเมมเบรน สายท่อน้ำ ถังพักน้ำ และระบบควบคุม มีค่าเท่ากับ ศูนย์ (0 ใบ) ตลอดระยะเวลาที่ทำการติดตามผล

ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นถึง ประสิทธิภาพของการดำเนินการตามแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่ได้ปรับปรุง ว่าสามารถลดความถี่ในการเกิดเหตุขัดข้องและความต้องการซ่อมแซมได้อย่างมีนัยสำคัญ อุปกรณ์ทั้งหมดอยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน ไม่มีการหยุดเครื่องหรือปัญหาที่ต้องมีการแจ้งซ่อมเพิ่มเติม จึงสามารถสรุปได้ว่าระบบมีเสถียรภาพที่ดีขึ้น และมาตรการบำรุงรักษาที่นำมาใช้ส่งผลให้การดำเนินงานของระบบมีความต่อเนื่องและเชื่อถือได้มากยิ่งขึ้น

ตารางที่ 7 จำนวนใบแจ้งซ่อมของระบบรีเวิร์สออสโมซิส กรณีศึกษา จำแนกตาม Equipment Group ในช่วงระหว่างเก็บข้อมูลวิจัย (พ.ย.2567 - ม.ค.2568)

Equipment Group	จำนวนใบแจ้งซ่อม
ปั๊มแรงดันสูง RO	0
ไส้กรอง RO	0
แผ่นเมมเบรน RO	0
สายท่อน้ำ RO	0
ถังพักน้ำ RO	0
ระบบควบคุม RO	0
รวม	0

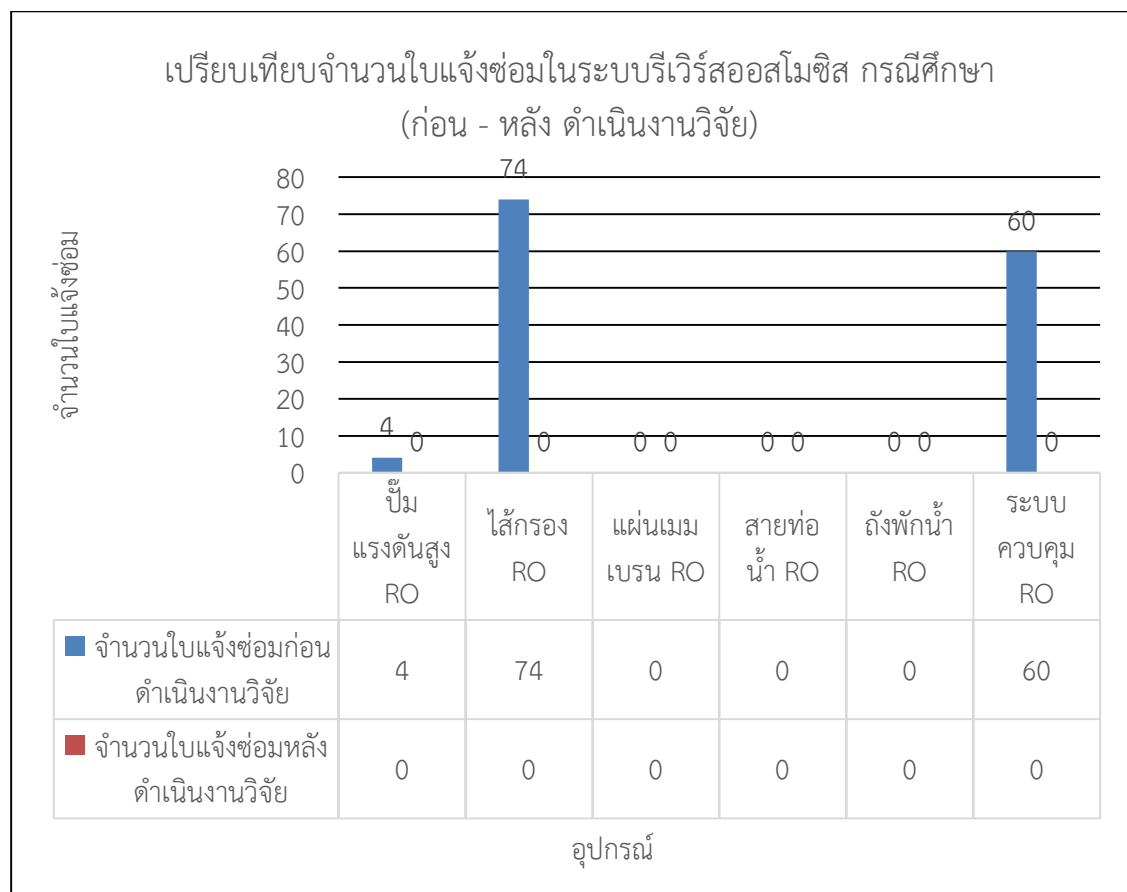


ภาพที่ 94 แผนภูมิแสดงจำนวนใบแจ้งซ่อม ในช่วงระหว่างเก็บข้อมูลวิจัย พ.ย.2567 - ม.ค.2568

จากการเปรียบเทียบจำนวนใบแจ้งซ่อมก่อนและหลังการดำเนินงานวิจัยในแต่ละกลุ่มอุปกรณ์ แสดงดังแผนภูมิตามภาพที่ 95 พบว่า การนำระบบบำรุงรักษาเชิงป้องกันมาใช้ร่วมกับระบบตรวจสอบและแจ้งเตือนที่พัฒนาขึ้น ส่งผลให้จำนวนใบแจ้งซ่อมลดลงอย่างมีนัยสำคัญในทุกกลุ่มอุปกรณ์ โดยเฉพาะในส่วนของ ไส้กรอง RO ที่เคยมีใบแจ้งซ่อมสะสมสูงถึง 74 รายการ ก่อนการดำเนินงานวิจัย แต่ไม่มีการแจ้งซ่อมเพิ่มเติมหลังจากการปรับปรุงระบบ เช่นเดียวกับ ระบบควบคุม

RO ซึ่งก่อนหน้านี้มีจำนวนใบแจ้งซ่อมรวม 60 รายการ และ ปั๊มแรงดันสูง RO จำนวน 4 รายการ ต่างก็ลดลงเป็น ศูนย์รายการ หลังจากการดำเนินงานเสร็จสิ้น

ผลลัพธ์นี้สะท้อนถึง ประสิทธิภาพของแนวทางการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) ที่มุ่งเน้นการวางแผนล่วงหน้า การเฝ้าระวังสภาพอุปกรณ์ และการดำเนินการป้องกันก่อนเกิดปัญหา (Proactive Maintenance) ซึ่งช่วยลดความถี่ของการซ่อมฉุกเฉิน (Breakdown Repair) และเพิ่มเสถียรภาพในการเดินเครื่องของระบบอย่างเป็นรูปธรรม ถือเป็นหลักฐานเชิงปริมาณที่แสดงถึงความสำเร็จของกระบวนการปรับปรุงที่นำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้อย่างชัดเจน



ภาพที่ 95 แผนภูมิเปรียบเทียบจำนวนใบแจ้งซ่อมก่อน-หลัง ดำเนินงานวิจัย

#### 4.5 ค่าความพร้อมเดินเครื่องจักรหลังจากการใช้งานระบบใหม่

จากการรวบรวมข้อมูลในช่วงระหว่างเก็บข้อมูลวิจัย (พฤศจิกายน 2567 – มกราคม 2568) เป็นระยะเวลา 3 เดือน พบว่า ระบบรีเวิร์สออสโมซิสในกรณีศึกษามีเวลาที่กำหนดให้ทำงาน (Planned Operating Time) เท่ากับ 24 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งเป็นเวลาทำงานตามปกติของกระบวนการ

ผลผลิตที่ใช้ระบบ RO อย่างต่อเนื่อง โดยไม่มีการหยุดแผนหรือช่วงพัก (Scheduled Downtime) ดังนั้น เวลาทำงานที่กำหนดจึงคิดเป็น 24 ชม. × จำนวนวันในช่วงเก็บข้อมูล

ในขณะเดียวกัน ได้ทำการติดตามสถานะการทำงานจริงของระบบผ่านค่าพารามิเตอร์จากระบบควบคุม เช่น ค่าการไหล (Flow Rate) ความดัน สถานะปั๊ม รวมถึงข้อมูลจากแผนกเดินเครื่อง ซึ่งพบว่า ไม่มีเหตุขัดข้องกะทันหัน (Breakdown Maintenance Time) ตลอดช่วงเก็บข้อมูล กล่าวคือระบบสามารถทำงานได้ครบถ้วนตามเวลาที่กำหนดทุกวัน ดังนั้น เวลาที่ระบบพร้อมใช้งานจริง (Actual Operating Time) จึงเท่ากับเวลาที่กำหนดให้ทำงาน

การคำนวณค่าความพร้อมใช้งานของเครื่องจักร (Machine Availability) ดำเนินการโดยใช้สมการ: ค่าความพร้อมใช้งาน (%) = (เวลาที่เครื่องจักรสามารถทำงานได้จริง / เวลาที่กำหนดให้เครื่องจักรทำงาน) × 100

สำหรับกรณีศึกษา นี้ เวลาที่ระบบรีเวิร์สออสโมซิสสามารถทำงานได้จริงเท่ากับ 24 ชั่วโมงต่อวัน และเวลาที่กำหนดให้ระบบทำงานก็เท่ากับ 24 ชั่วโมงต่อวันเช่นกัน จึงสามารถคำนวณได้ดังนี้:

$$\text{ค่าความพร้อมใช้งาน} = (24 / 24) \times 100 = 100\%$$

ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า ระบบมีค่าความพร้อมใช้งานเท่ากับ 100% ตลอดช่วงระยะเวลาที่ทำการเก็บข้อมูล แสดงถึงประสิทธิภาพในการดำเนินงานที่สามารถรองรับการผลิตได้อย่างต่อเนื่อง โดยไม่พบเหตุขัดข้องหรือการหยุดเครื่องจักรแบบไม่ได้วางแผน ตามที่ได้นำเสนอไว้บนหน้า Dashboard ดังภาพที่ 96



ภาพที่ 96 Dashboard แสดงค่าความพร้อมเดินเครื่องจักร

## บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย

### 5.1 สรุปผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้นำเอาหลักการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน มาจัดทำระบบงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบรีเวิร์สออสโมซิส กรณีศึกษา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำระบบงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบรีเวิร์สออสโมซิสให้เป็นมาตรฐาน รักษาไว้ซึ่งความพร้อมเดินเครื่องจักรของระบบรีเวิร์สออสโมซิส เท่ากับ 100 โดยจากการศึกษาพบว่าก่อนที่จะนำระบบงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันมาใช้ดำเนินการกับระบบรีเวิร์สออสโมซิส กรณีศึกษาดังกล่าวนั้น ค่าความพร้อมเดินเครื่องจักร มีค่าเท่ากับ 87.5% ซึ่งพบว่าระบบรีเวิร์สออสโมซิส กรณีศึกษา ยังขาดระบบการซ่อมบำรุงรักษาที่ดี การซ่อมบำรุงจะเป็นแบบ Breakdown Maintenance หรือที่เรียกว่า “การซ่อมบำรุงเมื่อเกิดการเสีย” ซึ่งเป็นกระบวนการซ่อมแซมเครื่องจักรหรืออุปกรณ์เมื่อเกิดความเสียหายหรือหยุดทำงานแบบทันทีทันใด โดยจะไม่มีกำหนดการซ่อมแซมล่วงหน้าและจะทำการซ่อมแซมตามใบแจ้งซ่อมจากหน่วยงานเดินเครื่องเมื่อพบปัญหาและแจ้งมาเท่านั้น อีกทั้งยังพบว่าอุปกรณ์ในระบบดังกล่าวยังขาดการดูแลบำรุงรักษาอย่างเพียงพอ รวมทั้งยังไม่มีมาตรฐานการตรวจสอบเพื่อป้องกันความผิดปกติเสียหายที่เคยเกิดขึ้น และอาจจะเกิดขึ้นซ้ำอาการเดิม ซึ่งหลังจากได้นำเอาระบบงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันมาใช้งาน พบว่าในช่วงระหว่างเก็บข้อมูลวิจัย (พ.ย.2567 - ม.ค.2568) เป็นระยะเวลา 3 เดือน สามารถรักษาไว้ซึ่งความพร้อมเดินเครื่องจักร ของระบบรีเวิร์สออสโมซิส กรณีศึกษา เท่ากับ 100% พนักงานแผนกซ่อมบำรุงรักษาสามารถดำเนินการงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันตามแผนการบำรุงรักษา ที่เป็นมาตรฐาน และสามารถตรวจสอบ วิเคราะห์ เครื่องจักร อุปกรณ์ในระบบ เพื่อดำเนินงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันก่อนที่เครื่องจักรอุปกรณ์ในระบบจะเกิดการขัดข้องชำรุดเสียหาย

ซึ่งความสำเร็จนี้ส่งผลให้ระบบผลิตน้ำบริสุทธิ์ของโรงไฟฟ้า กรณีศึกษา มีความพร้อมต่อเนื่องรักษาโอกาสสร้างรายได้จากการผลิตไฟฟ้า คิดเป็นมูลค่า 7.8 ล้านบาท/วัน และสามารถลดค่าเช่าเครื่องผลิตน้ำบริสุทธิ์ คิดเป็นมูลค่า 1 ล้านบาท/เดือน (12 ล้านบาท/ปี) หากระบบเกิดขัดข้องหรือเครื่องจักรชำรุด นอกจากนี้ระบบงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบรีเวิร์สออสโมซิส กรณีศึกษา ยังได้ถูกพัฒนาในรูปแบบดิจิทัล ลดการใช้กระดาษ เกิดประโยชน์ต่อองค์กรและยังเป็นพื้นฐานให้แก่งานบำรุงรักษาของหน่วยงานอื่น ๆ หรือระบบอื่นๆ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานภายในองค์กร กรณีศึกษาต่อไป

### 5.2 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้นำระบบรีเวิร์สออสโมซิส (RO) ในกรณีศึกษามาเป็นต้นแบบในการพัฒนาระบบงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน โดยสามารถดำเนินการจัดทำแผนบำรุงรักษาที่เป็นมาตรฐานและรักษาค่าความพร้อมเดินเครื่องจักร (Machine Availability Factor) ให้คงอยู่ที่ 100% ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้ผลสำเร็จดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้และปรับปรุงให้เหมาะสมกับระบบหรือเครื่องจักรในส่วนอื่น ๆ ของหน่วยงาน และเพื่อสนับสนุนการพัฒนากระบวนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันให้มีความยั่งยืนในระดับองค์กร ผู้วิจัยขอเสนอแนวทางปฏิบัติดังต่อไปนี้:

1. การสนับสนุนจากผู้บริหาร: ควรได้รับการสนับสนุนอย่างจริงจังและต่อเนื่องจากฝ่ายบริหาร เนื่องจากการดำเนินกิจกรรมบำรุงรักษาเชิงป้องกันต้องใช้เวลาภายใต้ช่วงเวลาการปฏิบัติงานปกติ และต้องมีความต่อเนื่องเพื่อให้เกิดผลลัพธ์ที่ยั่งยืน

2. การพัฒนาบุคลากร: ควรมีการอบรมและส่งเสริมการพัฒนาศักยภาพของพนักงานซ่อมบำรุงทั้งในระดับช่างเทคนิคและวิศวกรอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ ตัดสินใจ และดำเนินงานได้สอดคล้องกับแนวทางมาตรฐานที่กำหนดไว้

3. การจัดการทรัพยากร: หน่วยงานควรมีการจัดเตรียมอะไหล่ อุปกรณ์ สารหล่อลื่น และเครื่องมือเฉพาะทาง เช่น Vibration Analyzer และ Infrared Camera ให้เพียงพอ รวมถึงพิจารณาพัฒนาระบบ IoT Sensor และ AI-based Monitoring เพื่อเพิ่มความสามารถในการติดตามสภาพเครื่องจักรแบบเรียลไทม์ในอนาคต

4. การจัดการข้อมูล: ระบบบันทึกผลการตรวจวัดควรถูกออกแบบให้รัดกุม โดยเน้นความถูกต้อง การเข้าถึงที่สะดวก และความปลอดภัยของข้อมูล เช่น การกำหนดสิทธิ์การเข้าถึง (User Access Control), การตรวจสอบแบบเรียลไทม์ (Real-time Validation), ระบบยืนยันตัวตนหลายขั้นตอน (Multi-Factor Authentication) และการบันทึกการใช้งาน (Audit Logs) พร้อมทั้งส่งเสริมความรู้ด้านความปลอดภัยข้อมูลให้แก่ผู้ปฏิบัติงาน

5. การต่อยอดและขยายผล: ควรนำระบบบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่พัฒนาขึ้นไปต่อยอดสู่การบำรุงรักษาที่ผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม (Total Productive Maintenance: TPM) เพื่อสร้างวัฒนธรรมการดูแลรักษาเชิงรุกภายในองค์กร และขยายการประยุกต์ใช้ไปยังระบบหรือเครื่องจักรอื่นๆ เพื่อสร้างมาตรฐานการบริหารจัดการงานซ่อมบำรุงอย่างยั่งยืนในระยะยาว

## บรรณานุกรม

### หนังสือ

- [1] อนุศักดิ์ ฉิ้นไพศาล. (2557). การบำรุงรักษา (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

### แหล่งข้อมูลออนไลน์

- [2] บริษัทไทยยูเนียนวอเตอร์จำกัด. (ไม่ระบุปี). หลักการทำงานของเครื่องกรองน้ำอาร์โอ (ระบบ Reverse Osmosis System). SEGA Filter. เข้าถึงจาก <https://www.segafilter.com/17184706/เครื่องกรองน้ำ-reverse-osmosis> (เข้าถึงเมื่อ 10 มิถุนายน 2566)
- [3] บริษัท ที.อาร์.สยามภัณฑ์ จำกัด. (ไม่ระบุปี). รีเวอร์สออสโมซิส. TR Siam Pun. เข้าถึงจาก <http://www.trsiampun.com/ro-system.php> (เข้าถึงเมื่อ 10 มิถุนายน 2566)
- [4] บริษัท โอ.เค. ฟิลเตอร์ เทคดิง จำกัด. (ไม่ระบุปี). ระบบ R.O. (Reverse Osmosis) คืออะไร. OK Filter. เข้าถึงจาก <https://www.okfilter.com/article/2/reverse-osmosis-คืออะไร> (เข้าถึงเมื่อ 10 มิถุนายน 2566)
- [5] ห้องเรียนครูแซม E-Learning. (ไม่ระบุปี). หลักการออกแบบเว็บไซต์เบื้องต้นที่ควรรู้/การสร้างเว็บไซต์ด้วย Google Sites. เข้าถึงจาก <https://sites.google.com/cp.ac.th/kruzamcs/> (เข้าถึงเมื่อ 10 กรกฎาคม 2567)
- [6] สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี. (ไม่ระบุปี). การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและการแปลผลด้วย Google Workspace. เข้าถึงจาก <https://arit.pbru.ac.th/km/file/6605143bc7ec0.pdf> (เข้าถึงเมื่อ 30 ตุลาคม 2567)
- [7] บริษัทนายน์เอ็กซ์เพิร์ท จำกัด. (ไม่ระบุปี). Google Sheets คืออะไร เริ่มต้นอย่างไร. 9Expert Training. เข้าถึงจาก <https://www.9experttraining.com/articles/google-sheets-คืออะไร-เริ่มต้นอย่างไร> (เข้าถึงเมื่อ 10 กุมภาพันธ์ 2566)
- [8] STEPS Academy. (ไม่ระบุปี). Google Data Studio คืออะไร. เข้าถึงจาก <https://www.9experttraining.com/articles/google-sheets-คืออะไร-เริ่มต้นอย่างไร> (เข้าถึงเมื่อ 10 กุมภาพันธ์ 2566)
- [9] มหาวิทยาลัยรามคำแหง. (ไม่ระบุปี). การประยุกต์ใช้งาน Line Notify กับระบบงานสารบรรณอิเล็กทรอนิกส์. เข้าถึงจาก [https://computer.ru.ac.th/images/Km2Article/1605067899\\_Article.pdf](https://computer.ru.ac.th/images/Km2Article/1605067899_Article.pdf) (เข้าถึงเมื่อ 1 พฤศจิกายน 2566)

## บรรณานุกรม (ต่อ)

### บทความประชุมวิชาการ

- [10] อติวัฒน์ กิระติอมรลักษณ์. (2557, พฤศจิกายน).  
การจัดตั้งระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องเป่าขวดและ  
เกลลอนพลาสติก. การประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 7,  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, นนทบุรี, 68–75.
- [11] รักน้อย อัครรุ่งเรืองกุล, & ศศิวิมล จันทร์งษ์. (2552, มีนาคม).  
การจัดตั้งระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องจักร.  
การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47:  
สาขาสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ, 152–159.

### วารสารวิชาการ

- [12] บัณฑิต อินทรีย์มีศักดิ์, ภูมิ จาตุจินตานนท์, & วรวิมล กังหัน. (2564).  
การบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกัน กรณีศึกษา: บริษัทผลิตเบาะรถยนต์. SAU Journal of  
Science & Technology, 7(1), 1–14.
- [13] สุพัฒน์ วงศ์จิรัฐติกาล, & สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน. (2556).  
การปรับปรุงระบบการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของโรงงานผลิตเพลารถยนต์ด้วยเทคนิคการ  
วิเคราะห์สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ.  
วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 23(3), 643–653.
- [14] ธวัชชัย บั้วระภา, ศักดิ์ชาย รักการ, & พจนีย์ ศรีวิเชียร. (2564).  
การเพิ่มประสิทธิภาพการบำรุงรักษาเครื่องจักรในกระบวนการผลิต  
กรณีศึกษาโรงงานผลิตเครื่องตี. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร. สุวรรณภูมิ,  
5(พิเศษ), 23–33.
- [15] เขกสรร สิงห์ธนู, จักรพันธ์ ปั่นทอง, ไพฑูรย์ ขจรวุฒินันทชัย, & นิตกร ทุมประสิทธิ์.  
(2558). การปรับปรุงประสิทธิภาพงานบำรุงรักษาเครื่องจักรสายการผลิตชิ้นส่วน GEAR  
KICK SPINDLE รุ่น KZL กรณีศึกษา: อุตสาหกรรมผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์.  
วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม: เทปสตรี I-TECH, 10(13), 45–60.

## บรรณานุกรม (ต่อ)

### วิทยานิพนธ์/การศึกษารายบุคคล

- [16] ดุสิต สิงห์พรหมมาศ. (2555).  
การเพิ่มประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องมือกลด้วยระบบงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน:  
กรณีศึกษาโรงงานผลิตน้ำอัดลม (วิทยานิพนธ์ วศ.ม.).  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี, ไทย.
- [17] วสันต์ จันทร์นวล. (2562). การลดอัตราชำรุดของเครื่องจักร  
กรณีศึกษางานซ่อมบำรุงในสายการผลิตเครื่องประดับและอัญมณี (การศึกษารายบุคคล  
วศ.ม.). มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต, กรุงเทพฯ, ไทย.
- [18] เกษม รุ่งเรือง. (2552). การวางแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องจักรในอุตสาหกรรมรีเลย์  
(วิทยานิพนธ์ วท.ม.). มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต, กรุงเทพฯ, ไทย.
- [19] กษิรัช สนธิเปล่งศรี. (2555). การปรับปรุงประสิทธิภาพการบำรุงรักษาเครื่องฆ่าเชื้อ:  
กรณีศึกษา บริษัทฟริสแลนด์คัมพิน่า (การค้นคว้าอิสระ บธ.ม.).  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี, ไทย.
- [20] ประโยชน์ ยลวิลาศ. (2555).  
การนำระบบบำรุงรักษาเชิงป้องกันมาใช้เพื่อลดอัตราการเสียของอุปกรณ์เชื่อมต่อในสายการ  
ผลิตกลิ้งถ่างรูปดีจिटอล (วิทยานิพนธ์ วศ.ม.). มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต, กรุงเทพฯ, ไทย.
- [21] อภิชาติ นาควิมล. (2560).  
การพัฒนากระบวนการจัดการบำรุงรักษาเครื่องจักรเพื่อลดการสูญเสียและเพิ่มประสิทธิผลใน  
สายการผลิต (การค้นคว้าอิสระ วศ.ม.). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปทุมธานี, ไทย.

### แหล่งข้อมูลอื่น ๆ

- องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (ไม่ระบุปี).  
ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม Combined Cycle Power Plant  
สำหรับนักอาสาสมัครและความปลอดภัย. สืบค้นเมื่อ 25 มีนาคม 2568, จาก  
[https://www.ohswa.or.th/18072305/ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับโรงไฟฟ้าพลังความร้อน  
ร่วม-combined-cycle-power-plant-สำหรับนักอาสาสมัครและความปลอดภัย](https://www.ohswa.or.th/18072305/ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม-combined-cycle-power-plant-สำหรับนักอาสาสมัครและความปลอดภัย)
- Siemens AG. (ไม่ปรากฏปี). แผนภาพกระบวนการผลิตน้ำบริสุทธิ์ด้วยระบบรีเวิร์สออสโมซิส  
(RO) [ภาพประกอบ]. ได้จากการฝึกอบรมระบบ RO โดย Siemens

## บรรณานุกรม (ต่อ)

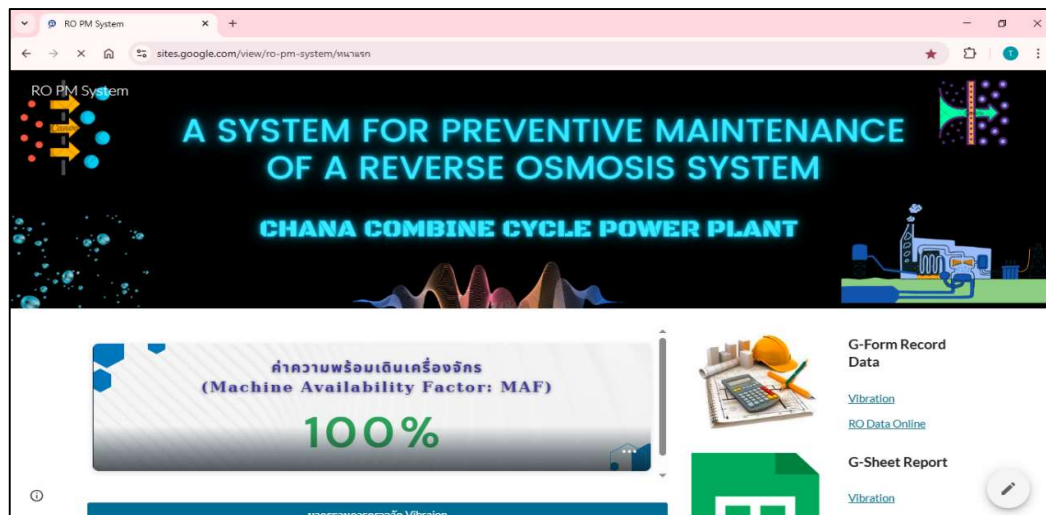
- AutoFun Thailand. (2564). 5 สัญญาณเตือนจาก “น้ำมันเครื่อง” ที่บ่งบอกว่าเครื่องยนต์คุณกำลังมีปัญหา. สืบค้นจาก <https://www.autofun.co.th/news/5-engine-oil-warning-signs-13576>
- ไทยรัฐออนไลน์. (2563). แรงดันลมยางรถยนต์สำคัญอย่างไร. สืบค้นเมื่อ 9 มีนาคม 2568, จาก <https://www.thairath.co.th/lifestyle/auto/1912306>
- Fluke Corporation. (2024). Vibration testing equipment. Retrieved March 9, 2025, from <https://www.fluke.com/>
- VectorMine. (2021). Osmosis and reverse osmosis process diagram [Illustration]. Shutterstock. Retrieved March 9, 2025, from <https://www.shutterstock.com/image-vector/osmosis-reverse-process-diagram->
- บริษัท ดับบลิว เอช เอ อินดัสเตรียล ดีเวลลอปเม้นท์ จำกัด (มหาชน). (ไม่ระบุปี). ระบบการกรองน้ำแบบรีเวิร์สออสโมซิส. สืบค้นจาก <https://www.whai.co.th>
- Lenntech. (ไม่ระบุปี). Membrane filtration processes. สืบค้นจาก <https://www.lenntech.com/membrane-filtration.htm> (เข้าถึงเมื่อ 9 มีนาคม 2568)
- SKF Group. (2023). Rolling bearings – Temperature limits. Retrieved March 9, 2025, from <https://www.skf.com/group/products/rolling-bearings/principles/bearing-selection-process/operating-temperature/temperature-limits>

## ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก

แนะนำเว็บไซต์ระบบงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบรีเวิร์สออสโมซิส กรณีศึกษา

1. เข้าเว็บไซต์ Link <https://sites.google.com/view/ro-pm-system>



2. เมนูต่าง ๆ หน้าเว็บไซต์



- เมนู “G-Form Record Data” ประกอบด้วย Vibration, RO Data Online เพื่อใช้สำหรับกรอกข้อมูลตรวจวัดค่าการสั่นสะเทือน (Vibration) และ อุณหภูมิตลับลูกปืน (Bearing Temp.) ของ RO Pump และค่าความดันตกคร่อม (RO Diff. Pressure Online) ผ่านรูปแบบ Google Form



- เมนู “G-Sheet Report” ประกอบด้วย Vibration, RO Data Online เพื่อบันทึกข้อมูลค่าจากการตรวจวัดค่าการสั่นสะเทือน (Vibration) และ อุณหภูมิตลับลูกปืน (Bearing Temp.) ของ RO Pump และค่าความดันตกคร่อม (RO Diff. Pressure Online) ในรูปแบบ Google Sheet ตามที่ได้ผ่านการบันทึกค่ามาจาก Google Form

**มาตรฐานการตรวจวัด Vibration**

- เมนู “มาตรฐานการตรวจวัด Vibration” ซึ่งจะแสดงมาตรฐานในการตรวจวัด Vibration ของ RO Pump จำนวน 6 Pump ในรูปแบบ Google Sheet ตามภาพตัวอย่าง ดังนี้

RO Feed Pump no.1

**มาตรฐานการตรวจวัด Vibration : RO Feed Pump no.1**

Type	CRN45-3-2 A-F-G-V-HQDV				
Model	A96534530P11230				
f	50	Hz	P2	11	kW
n	2924	min <sup>-1</sup>	H...	67.2	mm
	45	m <sup>3</sup> /h	H	51.9	m
p	16/90	bar/°C			CCW
Serial No.	0001		Ass.	in AU	
				CE GRUNDFOS	

Equipment name	RO Feed Pump no.1	Motor	11	kW
KKS Code	02GCK11AP001		2,924	rpm

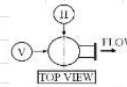
RO Feed Pump no.2

มาตรฐานการตรวจวัด Vibration : RO Feed Pump no.2



จุดตรวจวัด 1

จุดตรวจวัด 2



Equipment name RO Feed Pump no.2  
KKS Code 02GCK12AP001

Motor 11 kW  
2,924 rpm

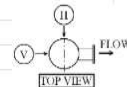
RO Pass1 High Pressure Pump no.1

มาตรฐานการตรวจวัด Vibration : RO Feed Pump no.2



จุดตรวจวัด 1

จุดตรวจวัด 2



Equipment name RO Pass1 High Pressure Pump no.1  
KKS Code 02GCK21AP001

Motor 22 kW  
2,947 rpm

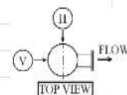
RO Pass1 High Pressure Pump no.2

มาตรฐานการตรวจวัด Vibration : RO Feed Pump no.2



จุดตรวจวัด 1

จุดตรวจวัด 2


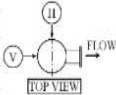



Equipment name RO Pass1 High Pressure Pump no.2  
KKS Code 02GCK22AP001

Motor 22 kW  
2,947 rpm

RO Pass2 High Pressure Pump no.1


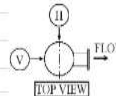
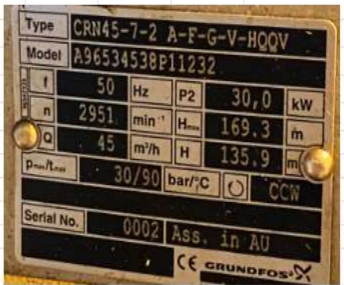
**มาตรฐานการตรวจวัด Vibration : RO Feed Pump no.2**

Equipment name	RO Pass2 High Pressure Pump no.1	Motor	<b>30</b>	kW
KKS Code	02GCK31AP001		<b>2,951</b>	rpm

RO Pass2 High Pressure Pump no.2

**มาตรฐานการตรวจวัด Vibration : RO Feed Pump no.2**


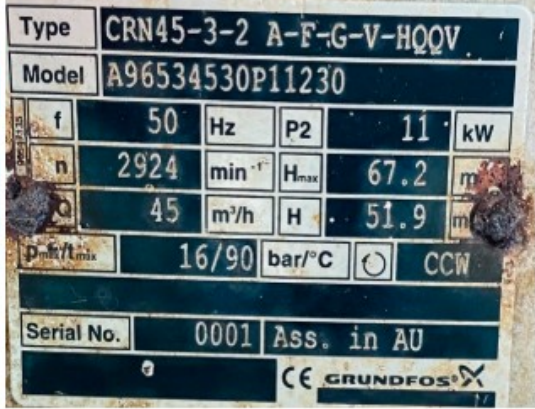
Equipment name	RO Pass2 High Pressure Pump no.2	Motor	<b>30</b>	kW
KKS Code	02GCK32AP001		<b>2,951</b>	rpm

**1. มาตรฐานการบำรุงรักษา RO Pump**

-เมนู “1.มาตรฐานการบำรุงรักษา RO Pump” ซึ่งจะแสดงมาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักรของ RO Pump ในระบบ RO จำนวน 6 Pump ในรูปแบบ Google Sheet ดังนี้



## RO Feed Pump no.1

## มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร ระบบ RO : อุปกรณ์ Pump

ชื่อเครื่องจักร : RO Feed Pump no.1	KKS Code: 02GCK11AP001
	
<b>ข้อมูลเทคนิค</b>	Motor 11 kW, n 2924 rpm, Q 45 m <sup>3</sup> /h (Direct Coupling)
<b>รายละเอียดการตรวจสอบ</b>	<b>มาตรฐานการตรวจสอบ</b>
ตรวจสอบการกวดขัน Bolt & Nut ต่าง ๆ	ดูว่าทุกตัวถูกขันแน่น ไม่หลวม
ตรวจหารอยรั่วบริเวณ Casing	ดูว่าไม่มีรอยรั่วบริเวณ Casing
ตรวจสอบการทำงานของ Pump	ฟังเสียงของ Pump ว่าปกติ ไม่มีการสั่นของ Pump ที่ผิดปกติ
ตรวจสอบความสะอาดของตัว Pump	ตัว Pump และบริเวณโดยรอบต้องสะอาด
ตรวจสอบการทำงานของ Motor	ฟังเสียงของ Motor ว่าปกติ ไม่มีการสั่นของ Motor ที่ผิดปกติ , ตรวจวัดโดย Vibration Portable ต้องมีค่าไม่เกิน 5 mm/s
ตรวจสอบความสะอาดของ Motor	Motor และบริเวณโดยรอบต้องสะอาด
ตรวจสอบ Bearing ของ Motor	ไม่มีเสียงดังผิดปกติ
ตรวจสอบความร้อนของ Motor	สามารถวางมือบน Motor ได้เกิน 10 sec. , ตรวจวัดโดย Temp.Gun ต้องมีค่าไม่เกิน 80 องศาC
เปลี่ยนถ่ายจาระบี (GREASE FILL)	ทำการเปลี่ยนถ่ายทุก 4 Weeks โดยใช้จาระบี "เชลล์ กาดัส S2 V100" ปริมาณ 85 g


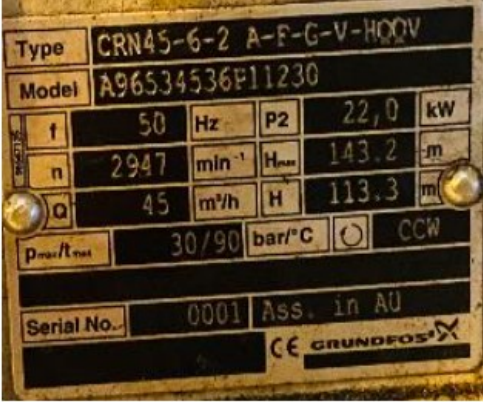
## RO Feed Pump no.2

## มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร ระบบ RO : อุปกรณ์ Pump

<b>ชื่อเครื่องจักร : RO Feed Pump no.2</b>	<b>KKS Code: 02GCK12AP001</b>
	
<b>ข้อมูลเทคนิค</b>	Motor 11 kW, n 2924 rpm, Q 45 m <sup>3</sup> /h (Direct Coupling)
<b>รายละเอียดการตรวจสอบ</b>	<b>มาตรฐานการตรวจสอบ</b>
ตรวจสอบการกวดขัน Bolt & Nut ต่าง ๆ	ดูว่าทุกตัวถูกขันแน่น ไม่หลวม
ตรวจหารอยรั่วบริเวณ Casing	ดูว่าไม่มีรอยรั่วบริเวณ Casing
ตรวจสอบการทำงานของ Pump	ฟังเสียงของ Pump ว่าปกติ ไม่มีการสั่นของ Pump ที่ผิดปกติ
ตรวจสอบความสะอาดของตัว Pump	ตัว Pump และบริเวณโดยรอบต้องสะอาด
ตรวจสอบการทำงานของ Motor	ฟังเสียงของ Motor ว่าปกติ ไม่มีการสั่นของ Motor ที่ผิดปกติ , ตรวจวัดโดย Vibration Portable ต้องมีค่าไม่เกิน 5 mm/s
ตรวจสอบความสะอาดของ Motor	Motor และบริเวณโดยรอบต้องสะอาด
ตรวจสอบ Bearing ของ Motor	ไม่มีเสียงดังผิดปกติ
ตรวจสอบความร้อนของ Motor	สามารถวางมือบน Motor ได้เกิน 10 sec. , ตรวจวัดโดย Temp.Gun ต้องมีค่าไม่เกิน 80 องศาC
เปลี่ยนถ่ายจาระบี (GREASE FILL)	ทำการเปลี่ยนถ่ายทุก 4 Weeks โดยใช้จาระบี "เชลล์ กาดัส S2 V100" ปริมาณ 85 g



## RO Pass1 High Pressure Pump no.1

## มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร ระบบ RO : อุปกรณ์ Pump

ชื่อเครื่องจักร : RO Pass1 High Pressure Pump no.1	KKS Code : 02GCK21AP001
	
<b>ข้อมูลเทคนิค</b>	Motor 22 kW , n 2947 rpm, Q 45 m <sup>3</sup> /h (Direct Coupling)
<b>รายละเอียดการตรวจสอบ</b>	<b>มาตรฐานการตรวจสอบ</b>
ตรวจสอบการกวดขัน Bolt & Nut ต่าง ๆ	ดูว่าทุกตัวถูกขันแน่น ไม่หลวม
ตรวจหารอยรั่วบริเวณ Casing	ดูว่าไม่มีรอยรั่วบริเวณ Casing
ตรวจสอบการทำงานของ Pump	ฟังเสียงของ Pump ว่าปกติ ไม่มีการสั่นของ Pump ที่ผิดปกติ
ตรวจสอบความสะอาดของตัว Pump	ตัว Pump และบริเวณโดยรอบต้องสะอาด
ตรวจสอบการทำงานของ Motor	ฟังเสียงของ Motor ว่าปกติ ไม่มีการสั่นของ Motor ที่ผิดปกติ , ตรวจวัดโดย Vibration Portable ต้องมีค่าไม่เกิน 5 mm/s
ตรวจสอบความสะอาดของ Motor	Motor และบริเวณโดยรอบต้องสะอาด
ตรวจสอบ Bearing ของ Motor	ไม่มีเสียงดังผิดปกติ
ตรวจสอบความร้อนของ Motor	สามารถวางมือบน Motor ได้เกิน 10 sec. , ตรวจวัดโดย Temp.Gun ต้องมีค่าไม่เกิน 80 องศาC
เปลี่ยนถ่ายจาระบี (GREASE FILL)	ทำการเปลี่ยนถ่ายทุก 4 Weeks โดยใช้จาระบี "เชลล์ กาดส S2 V100" ปริมาณ 85 g


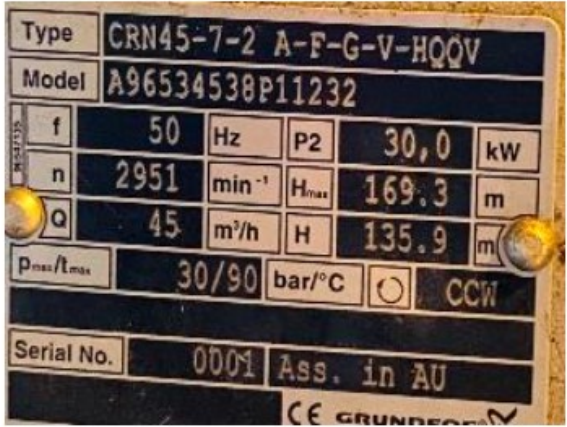
## RO Pass1 High Pressure Pump no.2

## มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร ระบบ RO : อุปกรณ์ Pump

ชื่อเครื่องจักร : RO Pass1 High Pressure Pump no.2	KKS Code: 02GCK22AP001
	
<b>ข้อมูลเทคนิค</b>	Motor 22 kW, n 2947 rpm, Q 45 m <sup>3</sup> /h (Direct Coupling)
<b>รายละเอียดการตรวจสอบ</b>	<b>มาตรฐานการตรวจสอบ</b>
ตรวจสอบการกวดขัน Bolt & Nut ต่าง ๆ	ดูว่าทุกตัวถูกขันแน่น ไม่หลวม
ตรวจหารอยรั่วบริเวณ Casing	ดูว่าไม่มีรอยรั่วบริเวณ Casing
ตรวจสอบการทำงานของ Pump	ฟังเสียงของ Pump ว่าปกติ ไม่มีการสั่นของ Pump ที่ผิดปกติ
ตรวจสอบความสะอาดของตัว Pump	ตัว Pump และบริเวณโดยรอบต้องสะอาด
ตรวจสอบการทำงานของ Motor	ฟังเสียงของ Motor ว่าปกติ ไม่มีการสั่นของ Motor ที่ผิดปกติ , ตรวจวัดโดย Vibration Portable ต้องมีค่าไม่เกิน 5 mm/s
ตรวจสอบความสะอาดของ Motor	Motor และบริเวณโดยรอบต้องสะอาด
ตรวจสอบ Bearing ของ Motor	ไม่มีเสียงดังผิดปกติ
ตรวจสอบความร้อนของ Motor	สามารถวางมือบน Motor ได้เกิน 10 sec. , ตรวจวัดโดย Temp.Gun ต้องมีค่าไม่เกิน 80 องศาC
เปลี่ยนถ่ายจาระบี (GREASE FILL)	ทำการเปลี่ยนถ่ายทุก 4 Weeks โดยใช้จาระบี "เชลล์ กาดส S2 V100" ปริมาณ 85 g


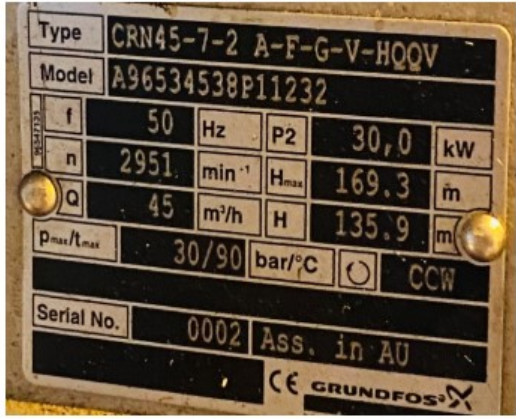
## RO Pass2 High Pressure Pump no.1

## มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร ระบบ RO : อุปกรณ์ Pump

ชื่อเครื่องจักร : RO Pass2 High Pressure Pump no.1		KKS Code: 02GCK31AP001	
			
<b>ข้อมูลเทคนิค</b>		Motor 30 kW, n 2951 rpm, Q 45 m3/h (Direct Coupling)	
<b>รายละเอียดการตรวจสอบ</b>		<b>มาตรฐานการตรวจสอบ</b>	
ตรวจสอบการกวดขัน Bolt & Nut ต่าง ๆ	ดูว่าทุกตัวถูกขันแน่น ไม่หลวม		
ตรวจหารอยรั่วบริเวณ Casing	ดูว่าไม่มีรอยรั่วบริเวณ Casing		
ตรวจสอบการทำงานของ Pump	ฟังเสียงของ Pump ว่าปกติ ไม่มีการสั่นของ Pump ที่ผิดปกติ		
ตรวจสอบความสะอาดของตัว Pump	ตัว Pump และบริเวณโดยรอบต้องสะอาด		
ตรวจสอบการทำงานของ Motor	ฟังเสียงของ Motor ว่าปกติ ไม่มีการสั่นของ Motor ที่ผิดปกติ , ตรวจวัดโดย Vibration Portable ต้องมีค่าไม่เกิน 5 mm/s		
ตรวจสอบความสะอาดของ Motor	Motor และบริเวณโดยรอบต้องสะอาด		
ตรวจสอบ Bearing ของ Motor	ไม่มีเสียงดังผิดปกติ		
ตรวจสอบความร้อนของ Motor	สามารถวางมือบน Motor ได้เกิน 10 sec. , ตรวจวัดโดย Temp.Gun ต้องมีค่าไม่เกิน 80 องศาC		
เปลี่ยนถ่ายจาระบี (GREASE FILL)	ทำการเปลี่ยนถ่ายทุก 4 Weeks โดยใช้จาระบี "เชลล์ กาดัส S2 V100" ปริมาณ 85 g		

## RO Pass2 High Pressure Pump no.2



## มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร ระบบ RO : อุปกรณ์ Pump

ชื่อเครื่องจักร : RO Pass2 High Pressure Pump no.2	KKS Code: 02GCK32AP001
	
<b>ข้อมูลเทคนิค</b>	Motor 30 kW, n 2951 rpm, Q 45 m3/h (Direct Coupling)
<b>รายละเอียดการตรวจสอบ</b>	<b>มาตรฐานการตรวจสอบ</b>
ตรวจสอบการกวดขัน Bolt & Nut ต่าง ๆ	ดูว่าทุกตัวถูกขันแน่น ไม่หลวม
ตรวจหารอยรั่วบริเวณ Casing	ดูว่าไม่มีรอยรั่วบริเวณ Casing
ตรวจสอบการทำงานของ Pump	ฟังเสียงของ Pump ว่าปกติ ไม่มีการสั่นของ Pump ที่ผิดปกติ
ตรวจสอบความสะอาดของตัว Pump	ตัว Pump และบริเวณโดยรอบต้องสะอาด
ตรวจสอบการทำงานของ Motor	ฟังเสียงของ Motor ว่าปกติ ไม่มีการสั่นของ Motor ที่ผิดปกติ , ตรวจวัดโดย Vibration Portable ต้องมีค่าไม่เกิน 5 mm/s
ตรวจสอบความสะอาดของ Motor	Motor และบริเวณโดยรอบต้องสะอาด
ตรวจสอบ Bearing ของ Motor	ไม่มีเสียงดังผิดปกติ
ตรวจสอบความร้อนของ Motor	สามารถวางมือบน Motor ได้เกิน 10 sec. , ตรวจวัดโดย Temp.Gun ต้องมีค่าไม่เกิน 80 องศาC
เปลี่ยนถ่ายจาระบี (GREASE FILL)	ทำการเปลี่ยนถ่ายทุก 4 Weeks โดยใช้จาระบี "เชลล์ กาดส S2 V100" ปริมาณ 85 g

## 2. มาตรฐานการบำรุงรักษา RO Cartridge Filter

-เมนู “2.มาตรฐานการบำรุงรักษา RO Cartridge Filter” ซึ่งจะแสดงมาตรฐานการบำรุงรักษา RO Cartridge Filter ในระบบ RO จำนวน 2 รายการ ในรูปแบบ Google Sheet ดังนี้

### Cartridge Filter for RO no.1

มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร ระบบ RO : อุปกรณ์ Cartridge Filter																																	
<b>ชื่อเครื่องจักร :Cartridge Filter for RO no.1</b>	<b>KKS Code: 02GCB21AT001</b>																																
	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">  <table border="1" style="font-size: small; border-collapse: collapse;"> <caption>Table 1: Specifications and performance information</caption> <tr> <td><b>Ratings</b></td> <td>1, 5 microns (nominal)</td> </tr> <tr> <td><b>Inner Diameter (nominal)</b></td> <td>1 in (2.5 cm)</td> </tr> <tr> <td><b>Outer Diameter</b></td> <td>2.5 in (6.4 cm)</td> </tr> <tr> <td><b>Lengths</b></td> <td></td> </tr> <tr> <td>9 3/4 in (24.8 cm)</td> <td>20 in (50.8 cm)</td> </tr> <tr> <td>9 7/8 in (25.1 cm)</td> <td>29 1/4 in (74.3 cm)</td> </tr> <tr> <td>10 in (25.4 cm)</td> <td>30 in (76.2 cm)</td> </tr> <tr> <td>19 1/2 in (49.5 cm)</td> <td>40 in (101.6 cm)</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;"><i>Longer lengths up to 70 in may be available upon request</i></td> </tr> <tr> <td><b>Materials of Construction</b></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Filter Media</td> <td>Polypropylene</td> </tr> <tr> <td>Adapters</td> <td>Polypropylene</td> </tr> <tr> <td>Elastomer</td> <td>Buna, EPDM, Silicone, Viton<sup>®</sup>, Santoprene<sup>®</sup> (flat gasket only)</td> </tr> <tr> <td><b>Performance Conditions</b></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Maximum pressure drop:</td> <td>35 psid (2.4 bar) @ 77°F (25°C)</td> </tr> <tr> <td>Recommended change-out pressure drop:</td> <td>20 psid (1.4 bar) @ 77°F (25°C)</td> </tr> </table> </div>	<b>Ratings</b>	1, 5 microns (nominal)	<b>Inner Diameter (nominal)</b>	1 in (2.5 cm)	<b>Outer Diameter</b>	2.5 in (6.4 cm)	<b>Lengths</b>		9 3/4 in (24.8 cm)	20 in (50.8 cm)	9 7/8 in (25.1 cm)	29 1/4 in (74.3 cm)	10 in (25.4 cm)	30 in (76.2 cm)	19 1/2 in (49.5 cm)	40 in (101.6 cm)	<i>Longer lengths up to 70 in may be available upon request</i>		<b>Materials of Construction</b>		Filter Media	Polypropylene	Adapters	Polypropylene	Elastomer	Buna, EPDM, Silicone, Viton <sup>®</sup> , Santoprene <sup>®</sup> (flat gasket only)	<b>Performance Conditions</b>		Maximum pressure drop:	35 psid (2.4 bar) @ 77°F (25°C)	Recommended change-out pressure drop:	20 psid (1.4 bar) @ 77°F (25°C)
<b>Ratings</b>	1, 5 microns (nominal)																																
<b>Inner Diameter (nominal)</b>	1 in (2.5 cm)																																
<b>Outer Diameter</b>	2.5 in (6.4 cm)																																
<b>Lengths</b>																																	
9 3/4 in (24.8 cm)	20 in (50.8 cm)																																
9 7/8 in (25.1 cm)	29 1/4 in (74.3 cm)																																
10 in (25.4 cm)	30 in (76.2 cm)																																
19 1/2 in (49.5 cm)	40 in (101.6 cm)																																
<i>Longer lengths up to 70 in may be available upon request</i>																																	
<b>Materials of Construction</b>																																	
Filter Media	Polypropylene																																
Adapters	Polypropylene																																
Elastomer	Buna, EPDM, Silicone, Viton <sup>®</sup> , Santoprene <sup>®</sup> (flat gasket only)																																
<b>Performance Conditions</b>																																	
Maximum pressure drop:	35 psid (2.4 bar) @ 77°F (25°C)																																
Recommended change-out pressure drop:	20 psid (1.4 bar) @ 77°F (25°C)																																
รายละเอียดการตรวจสอบ	มาตรฐานการตรวจสอบ																																
การล้าง ทำความสะอาด Cartridge Filter	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. เตรียมอุปกรณ์ให้พร้อม ได้แก่ น้ำสะอาด, แปรงขนอ่อน หรือฟองน้ำ, น้ำเกลือ (สำหรับฆ่าเชื้อ), ถังมือ (ป้องกันสิ่งสกปรกติดมือ)</li> <li>2. ถอด Cartridge Filter ออกจากเครื่อง โดยทำการปิดวาล์วน้ำก่อนถอดไส้กรอง, ใช้น้ำสะอาดรองบริเวณที่ทำงาน ป้องกันน้ำกระเด็น, ให้จดจำลำดับไส้กรอง เพื่อใส่กลับให้ถูกต้อง</li> <li>3. ล้าง Cartridge Filter โดยใช้น้ำสะอาดล้างเอาตะกอนออกให้หมด, ใช้น้ำแปรงขัดเบาๆ บริเวณที่มีคราบฝังแน่น, แช่ในน้ำเกลือประมาณ 30 นาที เพื่อฆ่าเชื้อ</li> </ol>																																

	4. ตรวจสอบความเสียหายของ Cartridge Filter โดยให้สังเกตว่ามี รอยแตกหรือเสื่อมสภาพ หรือไม่ หากพบว่ามี การเปลี่ยนสีมากผิดปกติ หรือเนื้อ Cartridge Filter เริ่มยุบ ควรเปลี่ยนใหม่
	5. ใส่ Cartridge Filter กลับเข้าที่ โดยทำการใส่ Cartridge Filter กลับเข้าเครื่องตามลำดับที่ถูกต้อง และทดสอบการทำงาน โดยทำการเปิดวาล์วน้ำและปล่อยให้ น้ำไหลผ่านประมาณ 3-5 นาที ก่อน, นำเข้าใช้งานจริงในระบบ, สังเกตว่าน้ำที่ออกมา สะอาดหรือไม่ หากยังมีตะกอนหรือกลิ่น ควร ตรวจสอบดูอีกครั้งว่าใส่ Cartridge Filter ถูกต้องหรือไม่



## Cartridge Filter for RO no.2

<b>มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร ระบบ RO : อุปกรณ์ Cartridge Filter</b>																																	
<b>ชื่อเครื่องจักร :Cartridge Filter for RO no.2</b>	<b>KKS Code: 02GCB22AT001</b>																																
	 <p data-bbox="1047 976 1347 997"><b>Table 1: Specifications and performance information</b></p> <table border="1" data-bbox="1047 997 1347 1438"> <tr> <td><b>Ratings</b></td> <td>1, 5 microns (nominal)</td> </tr> <tr> <td><b>Inner Diameter (nominal)</b></td> <td>1 in (2.5 cm)</td> </tr> <tr> <td><b>Outer Diameter</b></td> <td>2.5 in (6.4 cm)</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Lengths</b></td> </tr> <tr> <td>9 3/4 in (24.8 cm)</td> <td>20 in (50.8 cm)</td> </tr> <tr> <td>9 7/8 in (25.1 cm)</td> <td>29 1/4 in (74.3 cm)</td> </tr> <tr> <td>10 in (25.4 cm)</td> <td>30 in (76.2 cm)</td> </tr> <tr> <td>19 1/2 in (49.5 cm)</td> <td>40 in (101.6 cm)</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><i>Longer lengths up to 70 in may be available upon request</i></td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Materials of Construction</b></td> </tr> <tr> <td>Filter Media</td> <td>Polypropylene</td> </tr> <tr> <td>Adapters</td> <td>Polypropylene</td> </tr> <tr> <td>Elastomer</td> <td>Buna, EPDM, Silicone, Viton<sup>1</sup>, Santoprene<sup>2</sup> (flat gasket only)</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Performance Conditions</b></td> </tr> <tr> <td>Maximum pressure drop:</td> <td>35 psid (2.4 bar) @ 77°F (25°C)</td> </tr> <tr> <td>Recommended change-out pressure drop:</td> <td>20 psid (1.4 bar) @ 77°F (25°C)</td> </tr> </table>	<b>Ratings</b>	1, 5 microns (nominal)	<b>Inner Diameter (nominal)</b>	1 in (2.5 cm)	<b>Outer Diameter</b>	2.5 in (6.4 cm)	<b>Lengths</b>		9 3/4 in (24.8 cm)	20 in (50.8 cm)	9 7/8 in (25.1 cm)	29 1/4 in (74.3 cm)	10 in (25.4 cm)	30 in (76.2 cm)	19 1/2 in (49.5 cm)	40 in (101.6 cm)	<i>Longer lengths up to 70 in may be available upon request</i>		<b>Materials of Construction</b>		Filter Media	Polypropylene	Adapters	Polypropylene	Elastomer	Buna, EPDM, Silicone, Viton <sup>1</sup> , Santoprene <sup>2</sup> (flat gasket only)	<b>Performance Conditions</b>		Maximum pressure drop:	35 psid (2.4 bar) @ 77°F (25°C)	Recommended change-out pressure drop:	20 psid (1.4 bar) @ 77°F (25°C)
<b>Ratings</b>	1, 5 microns (nominal)																																
<b>Inner Diameter (nominal)</b>	1 in (2.5 cm)																																
<b>Outer Diameter</b>	2.5 in (6.4 cm)																																
<b>Lengths</b>																																	
9 3/4 in (24.8 cm)	20 in (50.8 cm)																																
9 7/8 in (25.1 cm)	29 1/4 in (74.3 cm)																																
10 in (25.4 cm)	30 in (76.2 cm)																																
19 1/2 in (49.5 cm)	40 in (101.6 cm)																																
<i>Longer lengths up to 70 in may be available upon request</i>																																	
<b>Materials of Construction</b>																																	
Filter Media	Polypropylene																																
Adapters	Polypropylene																																
Elastomer	Buna, EPDM, Silicone, Viton <sup>1</sup> , Santoprene <sup>2</sup> (flat gasket only)																																
<b>Performance Conditions</b>																																	
Maximum pressure drop:	35 psid (2.4 bar) @ 77°F (25°C)																																
Recommended change-out pressure drop:	20 psid (1.4 bar) @ 77°F (25°C)																																
<b>รายละเอียดการตรวจสอบ</b>	<b>มาตรฐานการตรวจสอบ</b>																																
การล้าง ทำความสะอาด Cartridge Filter	<ol style="list-style-type: none"> <li>เตรียมอุปกรณ์ให้พร้อม ได้แก่ น้ำสะอาด, แปรงขนอ่อน หรือฟองน้ำ, น้ำเกลือ (สำหรับฆ่าเชื้อ), ถังมือ (ป้องกันสิ่งสกปรกติดมือ)</li> <li>ถอด Cartridge Filter ออกจากเครื่อง โดยทำการปิดวาล์วน้ำก่อนถอดไส้กรอง, ใช้ผ้าสะอาดรองบริเวณที่ทำงาน ป้องกันน้ำกระเด็น, ให้จดจำลำดับไส้กรอง เพื่อใส่กลับให้ถูกต้อง</li> </ol>																																

	3. ล้าง Cartridge Filter โดยใช้ น้ำสะอาดล้างเอา ตะกอนออกให้หมด, ใช้น้ำแรงๆ บริเวณที่มี คราบฝังแน่น, แช่น้ำเกลือประมาณ 30 นาที เพื่อ ฆ่าเชื้อ
	4. ตรวจสอบความเสียหายของ Cartridge Filter โดยให้สังเกตว่ามี รอยแตกหรือเสื่อมสภาพ หรือไม่ หากพบว่ามี การเปลี่ยนสีมากผิดปกติ หรือเนื้อ Cartridge Filter เริ่มยุ่ย ควรเปลี่ยนใหม่
	5. ใส่ Cartridge Filter กลับเข้าที่ โดยทำการใส่ Cartridge Filter กลับเข้าเครื่องตามลำดับที่ถูกต้อง และทดสอบการทำงาน โดยทำการเปิดวาล์วน้ำและ ปล่อยให้ น้ำไหลผ่านประมาณ 3-5 นาที ก่อน, นำเข้าใช้งานจริงในระบบ, สังเกตว่าน้ำที่ออกมา สะอาดหรือไม่ หากยังมีตะกอนหรือกลิ่น ควร ตรวจสอบดูอีกครั้งว่าใส่ Cartridge Filter ถูกต้อง หรือไม่

### 3. มาตรฐานการบำรุงรักษา RO Membranes

-เมนู “3.มาตรฐานการบำรุงรักษา RO Membranes” ซึ่งจะแสดงมาตรฐานการบำรุงรักษา RO Membranes ในระบบ RO ในรูปแบบ Google Sheet ดังนี้

<b>มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร ระบบ RO : อุปกรณ์ RO Membranes</b>	
<b>ชื่อเครื่องจักร :RO Membranes</b>	<b>KKS Code:</b> 02GCF01AT001, 02GCF02AT001, 02GCF03AT001, 02GCF04AT001, 02GCF05AT001, 02GCF06AT001, 02GCF11AT001, 02GCF12AT001, 02GCF13AT001, 02GCF21AT001, 02GCF22AT001, 02GCF31AT001, 02GCF32AT001
	
	
รายละเอียดการตรวจสอบ	มาตรฐานการตรวจสอบ
ตัวบ่งชี้หลักสำหรับการทำความเข้าใจสถานะ RO Membranes	สังเกตอัตราการไหลของน้ำซึมลดลง 10-15%
	สังเกตความดันต่าง (Diff. Pressure) เพิ่มขึ้น 10-15%
	สังเกตอัตราปฏิเสธเกลือลดลง 1-2%
	สังเกตคุณภาพของน้ำซึมลดลงอย่างเห็นได้ชัด
	สังเกตพบมีกลิ่นผิดปกติหรือมีเชื้อราที่มองเห็นได้บน Membrane
การตรวจสอบและเปลี่ยน RO Membranes	สังเกตการสะสมของของแข็งที่ขอบ Membrane
	ตรวจสอบ Membrane อย่างละเอียดและเปลี่ยนใหม่ตามคุณภาพน้ำและค่า TDS (Replaced New One: 3 Years)

#### 4. มาตรฐานการบำรุงรักษา RO Permeate Hoses

-เมนู “4.มาตรฐานการบำรุงรักษา RO Permeate Hoses” ซึ่งจะแสดงมาตรฐานการบำรุงรักษาอุปกรณ์ RO Permeate Hoses ในระบบ RO ในรูปแบบ Google Sheet ดังนี้

<b>มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร ระบบ RO : อุปกรณ์ RO Permeate Hoses</b>	
ชื่อเครื่องจักร : RO permeate hoses	KKS Code: N/A
	
รายละเอียดการตรวจสอบ	มาตรฐานการตรวจสอบ
ตรวจสอบสภาพภายนอก Permeate Hoses	ดูว่าไม่พบการบวมของ Hose
	ดูว่าไม่พบรอยฉีกขาด Hose
	ดูว่าไม่พบการงอพับของ Hose
	ดูว่าไม่พบร่องรอยน้ำรั่ว
ตรวจสอบ Clamp ยึด Permeate Hoses	สีของ Hose จะต้องใส ไม่ขุ่นมัว
	ดูว่าทุกตัวถูกขันแน่น ไม่หลวม

## 5. มาตรฐานการบำรุงรักษา RO Tank

-เมนู “5.มาตรฐานการบำรุงรักษา RO Tank” ซึ่งจะแสดงมาตรฐานการบำรุงรักษาอุปกรณ์ RO Tank ในระบบ RO จำนวน 2 รายการ ในรูปแบบ Google Sheet ดังนี้

### RO Permeate Tank

มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร ระบบ RO : อุปกรณ์ Tanks	
ชื่อเครื่องจักร : RO Permeate Tank	KKS Code: 02GCL10BB001
	
รายละเอียดการตรวจสอบ	มาตรฐานการตรวจสอบ
ตรวจสอบสภาพ Tank โดยรวมภายนอก	ตัว Tank ต้องไม่ยุบ บวมลง หรือ บวมโก่งออกมา Tank ตั้งตรงขนานไปกับพื้น ไม่โยกเอียงไปจากจุดเดิม วัสดุรอบๆ ตัว Tank ไม่กรอบแตก ไม่มีจุดต่างของสีที่เปลี่ยนแปลงมากเกินไป และสีของ Tank ไม่ซีด
ตรวจสอบฝา Tank / Flange	ฝา Tank / Flange ถูกปิดอย่างมิดชิด โดยตรวจสอบ Bolt & Nut ยึดฝา Tank / Flange ว่าทุกตัวถูกขันแน่น ไม่หลวม เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของสิ่งสกปรก ละอองฝุ่นอนุภาคเล็กๆ
ตรวจสอบการรั่วซึมของ Tank	บริเวณรอบๆ Tank ควรแห้งสนิท ไม่มีร่องรอยของความชื้น หรือ มีน้ำขัง
ตรวจสอบบริเวณรอบๆ Tank	ตรวจสอบความสมบูรณ์พื้นที่ติดตั้ง Tank โดยพื้นไม่ควรมีรอยแตกกร้าว หรือทรุดตัวลงอย่างเห็นได้ชัด
ตรวจสอบสภาพภายใน Tank	เมื่อเปิดฝา Tank ออกแล้ว ต้องไม่มีกลิ่นไม่พึงประสงค์, สารเคลือบผิวภายในต้องไม่หลุดร่อน

## RO Permeate Tank Level


<b>มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร ระบบ RO : อุปกรณ์ RO Permeate Tank Level</b>	
<b>ชื่อเครื่องจักร : RO Permeate Tank Level</b>	<b>KKS Code: 02GCL10CL501</b>
	
รายละเอียดการตรวจสอบ	มาตรฐานการตรวจสอบ
ตรวจสอบสภาพ Tank Level โดยรวมภายนอก	ตัว Tank Level ต้องไม่กรอบแตก ไม่มีจุดต่างของสีที่เปลี่ยนแปลงมากเกินไป และสีของ Tank Level ไม่ขุ่นมัว
ตรวจสอบ Flange	Bolt & Nut ยึด Flange ทุกตัวถูกขันแน่น ไม่หลวม
ตรวจสอบ Isolate Valve of Tank Level	ดูว่าไม่มีร่องรอยการแตกหัก รั่วซึมของ Isolate Valve of Tank Level

**6. มาตรฐานการบำรุงรักษาอุปกรณ์ Instrument**

-เมนู “6.มาตรฐานการบำรุงรักษาอุปกรณ์ Instrument” ซึ่งจะแสดงมาตรฐานการบำรุงรักษาอุปกรณ์ Instrument ในระบบ RO จำนวน 7 รายการ ในรูปแบบ Google Sheet ดังนี้

## Pressure Transducer (PT)

## มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร ระบบ RO : อุปกรณ์ Instrument

<b>ชื่อเครื่องจักร :Pressure Transducer (PT)</b>	<b>KKS Code:</b> 02GCB21CP001, 02GCB22CP001, 02GCK22CP001, 02GCF01CP001, 02GCF01CP501, 02GCF01CP001, 02GCF11CP001, 02GCF01CP002, 02GCK32CP001, 02GCF21CP501, 02GCK21CP001, 02GCK31CP001
	
<b>รายละเอียดการตรวจสอบ</b>	<b>มาตรฐานการตรวจสอบ</b>
<p>หลักการวิธีการสอบเทียบ Pressure Transmitter แบบมีหน้าจอ Display อ่านค่าความดัน</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>พิจารณาจากย่านการวัดสูงสุด (Max Range) ของเครื่องมือ โดยสามารถสังเกตได้ที่ตัวเครื่องมือโดยปกติแล้วจะมีระบุเอาไว้ โดยพิจารณาสอบเทียบตาม Max Range โดยจะเฉลี่ยในแต่ละ Point ในช่วงของความดันที่เท่ากัน เช่น Max Range มีค่าเท่ากับ 10 bar การสอบเทียบก็จะเฉลี่ย เป็น Point ที่เท่ากัน โดยที่ความต้องการขั้นต่ำสุด ซึ่งก็คือ การสอบเทียบไม่ต่ำกว่า 5 Point สามารถกำหนด Point ได้ดังนี้คือ 0, 2, 4, 6, 8, 10 bar ทั้งนี้หากไม่สามารถหาได้ที่ตัวเครื่องมือ ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้จากการใช้งานเป็นเวลานานทำให้เกิดการลบลื่น เช่น สีของตัวอักษรรายละเอียด ชัดจาง เสียหาย จะต้องหาคู่มือมาเพื่อตรวจสอบ Max Range ก่อนการสอบเทียบ หรือนอกจากนี้กรณีที่ไม่ทราบ Range ที่นำมาสอบเทียบ สามารถกำหนดจุดสอบเทียบโดยกำหนดจากช่วงของการใช้งานจริงได้ เช่น เครื่องมือมีช่วง Range ของการใช้งานอยู่ที่ 8 – 16 bar สามารถกำหนด Point ของ การสอบเทียบ ได้ ดังนี้ 8, 10, 12, 14, 16 bar เพื่อหลีกเลี่ยงการสอบเทียบ เกิน Max Range</li> <li>พิจารณาจากตัวกลาง (Media) ที่ เครื่องมือวัด ใช้งานอยู่ โดยการเลือกใช้ Media ในการสอบเทียบนั้นจะต้องใช้ตามการใช้งานจริงเท่านั้น (ในที่นี้ คือ RO Water)</li> <li>พิจารณาจากเกณฑ์การยอมรับ (MPE) ของ เครื่องมือวัด โดยกำหนดจากข้อมูลจากทางผู้ผลิตดูที่คู่มือตามเกณฑ์การยอมรับ (MPE) โดยสามารถดูได้ที่ตัวเครื่องมือ</li> </ol>
ตรวจสอบการกดขัน Bolt & Nut ยึดอุปกรณ์ต่าง ๆ	ดูว่าทุกตัวถูกขันแน่น ไม่หลวม
ตรวจหารอยรั่วบริเวณ Casing	ดูว่าไม่มีรอยรั่วบริเวณ Casing หรือบริเวณโดยรอบข้าง

## Pressure Indicator (PI)

## มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร ระบบ RO : อุปกรณ์ Instrument

**ชื่อเครื่องจักร : Pressure Indicator (PI)**

**KKS Code : 02GCF21CP501**

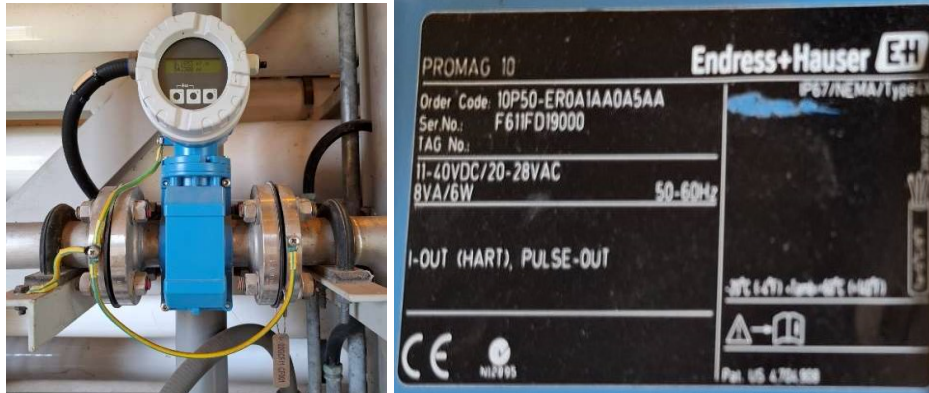


รายละเอียดการตรวจสอบ	มาตรฐานการตรวจสอบ
หลักการวิธีการสอบเทียบ Pressure Indicator	1.เลือกจุดสอบเทียบของ เครื่องมือวัดจากย่านการวัดต่ำสุด (min)ของเครื่องมือ ไปจนถึง ย่านการวัดสูงสุดของเครื่องมือ (max) ที่ต้องการจะสอบเทียบ 2.เลือกประเภท Media ของ Pressure ที่จะนำมาใช้สอบเทียบ ให้ตรงกับการใช้งานจริง (ในที่นี้ คือ RO Water) 3.เลือกค่าของเกณฑ์การยอมรับ (MPE) หรือพิจารณาจากค่าความถูกต้องแม่นยำในการวัดของเครื่องมือ (Accuracy)
ตรวจสอบการกดขัน Bolt & Nut ยึดอุปกรณ์ต่าง ๆ	ดูว่าทุกตัวถูกขันแน่น ไม่หลวม
ตรวจหารอยรั่วบริเวณ Casing	ดูว่าไม่มีรอยรั่วบริเวณ Casing หรือบริเวณโดยรอบข้าง

## Flow Meter

## มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร ระบบ RO : อุปกรณ์ Instrument

**ชื่อเครื่องจักร : Flow Meter**    **KKS Code:** 02GCF01CF001, 02GCF11CF001



รายละเอียดการตรวจสอบ	มาตรฐานการตรวจสอบ
วิธีสอบเทียบ Flow Meter แบบ Gravimetric Calibration Procedures	1. วางส่วนที่เหมาะสม (ส่วนเล็ก ๆ) ของของไหลจากกระบวนการลงในมิเตอร์ทดสอบ และทำการชั่งน้ำหนักตามเวลาที่กำหนด ขณะที่ของไหลผ่านเป็นระยะเวลา 60 วินาที
	2. ใช้สเกลที่สอบเทียบแล้วเพื่อวัดน้ำหนักของของไหลทดสอบได้อย่างแม่นยำ
	3. หลังจากสิ้นสุดช่วงการทดสอบ ให้ถ่ายของไหลทดสอบไปยังภาชนะสำหรับระบายน้ำ
	4. อัตราการไหลของส่วนลงตัวได้มาจากการหารน้ำหนักปริมาตรด้วยระยะเวลาของการทดสอบ
	5. เปรียบเทียบอัตราการไหลที่คำนวณได้กับอัตราการไหลของมิเตอร์วัดการไหล และทำการปรับเปลี่ยนตามอัตราการไหลที่วัดได้จริง
ตรวจสอบการกดขัน Bolt & Nut ยึดอุปกรณ์ต่าง ๆ	ดูว่าทุกตัวถูกขันแน่น ไม่หลวม
ตรวจหารอยรั่วบริเวณ Casing	ดูว่าไม่มีรอยรั่วบริเวณ Casing หรือบริเวณโดยรอบข้าง

## Conductivity Meter

## มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร ระบบ RO : อุปกรณ์ Instrument

**ชื่อเครื่องจักร : Conductivity Meter**

**KKS Code:** 02GCB22CQ002, 02GCF01CQ001, 02GCF11CQ001, 02GCF21CQ002



ค่าบันทึก uS/cm ตามอุณหภูมิที่แสดงข้างนี้

Temperature °C	Conductivity uS/cm
0	776
5	896
10	1020
15	1147
20	1278
25	1413
30	1548

### รายละเอียดการตรวจสอบ

### มาตรฐานการตรวจสอบ

จัดเตรียมเครื่องมือที่ต้องใช้ในการ  
สอบเทียบ

1. ไขควงปากแบนขนาดเล็ก 1 หรือ 1.5 มม. สำหรับปรับมิเตอร์วัดค่าการนำไฟฟ้า
2. น้ำกลั่น
3. แก้วพลาสติกใสแบบใช้แล้วทิ้งจำนวน 1 คู่

ขั้นตอนการสอบเทียบ  
Conductivity Meter

1. ก่อนจะเริ่มการสอบเทียบ Conductivity Meter ให้นำสารละลายสำหรับการสอบเทียบ 1,413 uS/cm ใส่ในถ้วยแบบใช้แล้วทิ้งหรือบีกเกอร์ก่อน (ควรระวังให้มีของเหลวอยู่ในบีกเกอร์ประมาณ 3 ซม. เพื่อปิดอิเล็กโทรด (ลูกแก้วบริเวณปลายอิเล็กโทรด))



สารละลายมาตรฐานการนำไฟฟ้า

2. วางมิเตอร์ไว้ในสถานะปิด และจุ่มอิเล็กโทรดลงในสารละลายเครื่องสอบเทียบที่เทลงในบีกเกอร์

3. เปิดมิเตอร์และรอสักครู่เพื่อให้ค่าการอ่านคงที่หรือหยุดเปลี่ยนแปลง

4. หากจอแสดงผลแสดงค่า 1413 uS/cm ไม่จำเป็นต้องปรับมิเตอร์ มิฉะนั้น ให้ใช้ไขควงปรับสกรูตัวเล็กที่ด้านหลังของมิเตอร์วัดค่าการนำไฟฟ้าจนกว่าจะอ่านค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายสอบเทียบได้

5. เมื่อปรับเสร็จแล้ว ให้ปิดเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า ล้างอิเล็กโทรดด้วยน้ำกลั่นหรือน้ำ Service และเช็ดให้แห้งด้วยผ้าขนหนูหรือผ้าสะอาด

ตรวจสอบการกวดขัน Bolt & Nut ยึดอุปกรณ์ต่าง ๆ

ดูว่าทุกตัวถูกขันแน่น ไม่หลวม

ตรวจหารอยร้าวบริเวณ Casing

ดูว่าไม่มีรอยร้าวบริเวณ Casing หรือบริเวณโดยรอบข้าง

pH meter

## มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร ระบบ RO : อุปกรณ์ Instrument

ชื่อเครื่องจักร : pH meter

KKS Code: 02GCB11CQ002, 02GCK32CQ001,  
02GCF21CQ001

รายละเอียดการตรวจสอบ

มาตรฐานการตรวจสอบ

ขั้นตอนในการสอบเทียบ pH  
Meter

1.เตรียมวัสดุที่จำเป็น: เครื่องวัด, สารละลายสำหรับการสอบเทียบ  
น้ำยา pH buffer solution (ปกติคือ pH 4, 7 และ/หรือ 10)  
บีกเกอร์หรือภาชนะสำหรับสารละลายสำหรับการสอบเทียบ, น้ำกลั่น  
หรือปราศจากไอออน และผ้าแห้งสะอาด

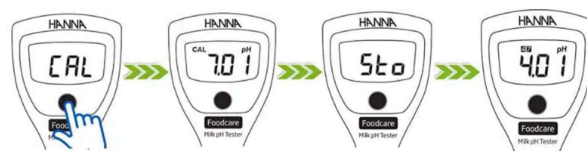



น้ำยามาตรฐาน pH Buffer

2.เปิดเครื่องวัดค่า pH และปล่อยให้เครื่องอุ่นขึ้น 2-3 นาที หาก  
จำเป็น

3.ล้างอิเล็กโทรดด้วยน้ำกลั่นหรือน้ำปราศจากไอออนเพื่อขจัดสิ่ง  
ปนเปื้อนที่หลงเหลืออยู่


4.กดปุ่มเปิด/ปิดค้างไว้ หน้าจอจะขึ้นคำว่า "CAL" จากนั้นเครื่องวัด  
จะเรียกหาน้ำยา buffer "7.01" ให้จุ่มลงในสารละลายบัฟเฟอร์ pH  
7 และรอให้การอ่านค่าคงที่ การดำเนินการนี้อาจใช้เวลาหลายนาที  
เมื่อเสร็จสิ้นหน้าจอจะขึ้นตัวอักษร "Sto" และเรียกหาน้ำยา Buffer  
"4.01"



	<p>5.ล้างอิเล็กโทรดด้วยน้ำกลั่นหรือน้ำปราศจากไอออน แล้วซับให้แห้งด้วยผ้าแห้งสะอาด</p>
	<p>6.จุ่มอิเล็กโทรดลงในสารละลายบัฟเฟอร์ pH 4 หรือ 10 รอให้ค่าที่อ่านได้คงที่และเมื่อเสร็จสิ้นเครื่องวัดจะแสดงคำว่า "Sto"</p> 
	<p>7.ล้างอิเล็กโทรดด้วยน้ำกลั่นหรือน้ำปราศจากไอออน แล้วซับให้แห้งด้วยผ้าแห้งสะอาดแล้วเก็บไว้ในสารละลายจัดเก็บหัววัด (Storage solution) ตามคำแนะนำของผู้ผลิต</p>
<p>ตรวจสอบ Clamp ยึดอุปกรณ์ต่าง ๆ</p>	<p>ดูว่าทุกตัวถูกขันแน่น ไม่หลวม</p>
<p>ตรวจสอบหารอยรั่วบริเวณ Casing</p>	<p>ดูว่าไม่มีรอยรั่วบริเวณ Casing หรือบริเวณโดยรอบข้าง</p>

## Oxidation-Reduction Potential Meter (ORP)

## มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร ระบบ RO : อุปกรณ์ Instrument

ชื่อเครื่องจักร : Oxidation-Reduction Potential Meter (ORP)	KKS Code: 02GCB22CQ001
	
รายละเอียดการตรวจสอบ	มาตรฐานการตรวจสอบ
การสอบเทียบ Oxidation-Reduction Potential meter (ORP)	<p>ก่อนเริ่มกระบวนการสอบเทียบ ให้แน่ใจว่ามีวัสดุที่จำเป็นทั้งหมดอยู่ใกล้ตัว ซึ่งรวมถึงมีเตอร์ ORP สารละลายสอบเทียบ (pH 4, pH 7 และ pH 10) น้ำกลั่น ภาชนะที่สะอาด ถังมือ และผ้าเนื้อนุ่ม สิ่งสำคัญคือต้องสวมถุงมือเพื่อป้องกันการปนเปื้อนใดๆ ที่อาจส่งผลต่อความแม่นยำของการสอบเทียบ</p> <p>เพื่อให้ได้การวัดค่า ORP ที่แม่นยำ สิ่งสำคัญคือต้องเริ่มต้นด้วยมีเตอร์ที่สะอาด เริ่มต้นด้วยการล้างอิเล็กโทรดด้วยน้ำกลั่นเพื่อขจัดสิ่งปนเปื้อนหรือสิ่งตกค้างจากการใช้งานครั้งก่อน ขั้วอิเล็กโทรดให้แห้งเบาๆ ด้วยผ้าเนื้อนุ่ม หลีกเลี่ยงการขัดแรงๆ ที่อาจทำลายหลอดแก้วอันบอบบางได้</p> <p>ขั้นตอนที่ 1: การเตรียมสารละลาย ORP เตรียมสารละลายสอบเทียบ ORP ตามคำแนะนำของผู้ผลิต ตรวจสอบให้แน่ใจว่าสารละลายอยู่ที่อุณหภูมิห้องเพื่อการสอบเทียบที่แม่นยำ</p> <p>ขั้นตอนที่ 2: จุ่มอิเล็กโทรดลงไป เลือกภาชนะที่สะอาดแล้วเติมสารละลายสอบเทียบ ORP ที่เตรียมไว้ลงไป จุ่มอิเล็กโทรด ORP ลงไป โดยให้แน่ใจว่าอิเล็กโทรดจุ่มอยู่ในของเหลวทั้งหมด และปิดรอยต่ออ้างอิงไว้</p> <p>ขั้นตอนที่ 3: การปรับเทียบ เปิดมีเตอร์วัดค่า ORP และไปที่ฟังก์ชันการปรับเทียบ เลือกการปรับเทียบ ORP และทำตามคำแนะนำบนหน้าจอ มีเตอร์ควรแสดงค่า ORP ของสารละลาย ตรวจสอบให้แน่ใจว่าค่าที่อ่านได้ตรงกับค่าที่ระบุโดยสารละลายสำหรับการปรับเทียบ หากมีความคลาดเคลื่อน ให้ปรับการปรับเทียบจนกว่าจะแสดงค่า ORP ที่ถูกต้อง</p>

	ขั้นตอนที่ 4: การตรวจสอบและขั้นตอนสุดท้าย หลังจากปรับเทียบอิเล็กโทรด ORP แล้ว ให้ล้างด้วยน้ำกลั่นและซับ ให้แห้ง ตรวจสอบว่ามีเตอร์วัดค่า ORP ให้ค่าการอ่านที่แม่นยำ ในช่วง ORP แล้ว หากจำเป็น ให้ทำซ้ำขั้นตอนการปรับเทียบจนกว่า จะได้ค่าที่วัดได้สม่ำเสมอและแม่นยำ
ตรวจสอบ Clamp ยึดอุปกรณ์ต่าง ๆ	ดูว่าทุกตัวถูกขันแน่น ไม่หลวม
ตรวจหารอยรั่วบริเวณ Casing	ดูว่าไม่มีรอยรั่วบริเวณ Casing หรือบริเวณโดยรอบข้าง

## Silica Analyzer

## มาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักร ระบบ RO : อุปกรณ์ Instrument

ชื่อเครื่องจักร : Silica Analyzer      KKS Code : 02GCF21CQ003



## Specifications

Silica measurement	
Measuring range	1 ... 5'000 ppb
Reproducibility	±1 ppb or ±5 % of reading
Cycle time	10 minutes
Power supply	
Voltage	100-240 VAC (±10%), 50/60Hz or 10-36 VDC
Power consumption	max. 35 VA
Sample conditions	
Flow rate	min. 10 L/h
Temperature	up to 50 °C (122 °F)
Inlet pressure	0.15 ... 2 bar (2 ... 29 PSI)
Outlet pressure	ambient pressure

## รายละเอียดการตรวจสอบ

## มาตรฐานการตรวจสอบ

## การสอบเทียบ Silica Analyzer

1. เข้าถึงเมนู "Grab Sample" จากหน้าจอหลักบนเครื่อง Silica Analyzer
  - a. เลือก "Grab Sample In."
  - b. ปฏิบัติตามคำแนะนำบนหน้าจอ
2. ถอดกรวยตัวอย่างออกจากเครื่องวิเคราะห์และล้างด้วยสารมาตรฐาน
3. ติดตั้งกรวยอีกครั้ง
4. เทสารมาตรฐาน 250-500 มล. ลงในกรวยเมื่อเครื่องวิเคราะห์แจ้งเตือน
5. ค่าที่วัดได้จะแสดงบนหน้าจอเครื่องวิเคราะห์
6. ผลการหยิบตัวอย่าง (Grab Sample) จะถูกเก็บไว้ในบันทึกเหตุการณ์ข้อมูล

ตรวจสอบการกดขัน Bolt & Nut ยึดอุปกรณ์ต่าง ๆ

ดูว่าทุกตัวถูกขันแน่น ไม่หลวม

ตรวจหารอยรั่วบริเวณ Casing, กระจาปะต่าง ๆ

ดูว่าไม่มีรอยรั่วบริเวณ Casing, กระจาปะต่าง ๆ หรือบริเวณโดยรอบข้าง

## ตรวจสอบ Hose

- ดูว่าไม่พบการบวมของ Hose
- ดูว่าไม่พบรอยฉีกขาด Hose
- ดูว่าไม่พบการงอพับของ Hose
- ดูว่าไม่พบร่องรอยน้ำรั่ว

<b>EQUIPMENT LIST</b>
-----------------------

- เมนู “EQUIPMENT LIST” ซึ่งจะรวบรวมข้อมูลทางเทคนิคของเครื่องจักร อุปกรณ์ของระบบรีเวิร์สออสโมซิส กรณีศึกษา แสดงในรูปแบบ Google Sheet ดังนี้

Equipment List				
	KKS	Equipment	Brand	Model
<b>RO Vertical multistage pump</b>	02GCK11AP001	RO Feed Pump no.1	Grundfos	CRN45-3-2
	02GCK12AP001	RO Feed Pump no.2	Grundfos	CRN45-3-2
	02GCK21AP001	RO Pass1 High Pressure Pump no.1	Grundfos	CRN45-6-2
	02GCK22AP001	RO Pass1 High Pressure Pump no.2	Grundfos	CRN45-6-2
	02GCK31AP001	RO Pass2 High Pressure Pump no.1	Grundfos	CRN45-7-2
	02GCK32AP001	RO Pass2 High Pressure Pump no.2	Grundfos	CRN45-7-2
<b>RO Cartridge filter</b>	02GCB21AT001	Cartridge Filter for RO no.1	Suez	ROZSave 5 Micron 10" Element
	02GCB22AT001	Cartridge Filter for RO no.2	Suez	ROZSave 5 Micron 10" Element
<b>RO Membranes</b>	02GCF01AT001	RO Pass 1 Stage 1 Membrane	FilmTec	BW30FR-400
	02GCF02AT001	RO Pass 1 Stage 1 Membrane	FilmTec	BW30FR-400
	02GCF03AT001	RO Pass 1 Stage 1 Membrane	FilmTec	BW30FR-400

	02GCF04AT001	RO Pass 1 Stage 1 Membrane	FilmTec	BW30FR-400
	02GCF05AT001	RO Pass 1 Stage 1 Membrane	FilmTec	BW30FR-400
	02GCF06AT001	RO Pass 1 Stage 1 Membrane	FilmTec	BW30FR-400
	02GCF11AT001	RO Pass 1 Stage 2 Membrane	FilmTec	BW30FR-400
	02GCF12AT001	RO Pass 1 Stage 2 Membrane	FilmTec	BW30FR-400
	02GCF13AT001	RO Pass 1 Stage 2 Membrane	FilmTec	BW30FR-400
	02GCF21AT001	RO Pass 2 Stage 1 Membrane	FilmTec	BW30FR-400
	02GCF22AT001	RO Pass 2 Stage 1 Membrane	FilmTec	BW30FR-400
	02GCF31AT001	RO Pass 2 Stage 2 Membrane	FilmTec	BW30FR-400
	02GCF32AT001	RO Pass 2 Stage 2 Membrane	FilmTec	BW30FR-400
RO permeate hoses	N/A	RO Permeate Hoses	FilmTec	N/A
RO Tank	02GCL10BB001	RO permeate tank	OSMOFLO	BS 4994-1987
	02GCL10CL501	RO permeate tank level	OSMOFLO	Acrylic Sighglass
RO I&C				
Pressure วัดคร่อม Cartridge filter	02GCB21CP001	Pressure Transducer (PT)	Endress+Hauser	Cerabar PMC51
	02GCB22CP001	Pressure Transducer (PT)	Endress+Hauser	Cerabar PMC51

ก่อนเข้า RO Pass 1	02GCK22CP001	Pressure Transducer (PT)	Endress+Hauser	Cerabar PMC51
	02GCB22CQ001	Oxidation-Reduction Potential Meter (ORP)	METTLER TOLEDO	pH Sensor Pure Water pHure LE ISM
	02GCB22CQ002	Conductivity Meter	METTLER TOLEDO	M800 Process 1-CH
	02GCB11CQ002	pH meter	METTLER TOLEDO	pH Pure Water pHure ISM
RO Pass 1	02GCF01CP001	Pressure Transducer (PT)	Endress+Hauser	Cerabar PMC51
	02GCF01CP501	Pressure Transducer (PT)	Endress+Hauser	Cerabar PMC51
	02GCF01CQ001	Conductivity Meter	METTLER TOLEDO	M800 Process 1-CH
	02GCF01CF001	Flow Meter	Endress+Hauser	Proline Promag P 10 / 5PBB
	02GCF01CP001	Pressure Transducer (PT)	Endress+Hauser	Cerabar PMC51
	02GCF11CP001	Pressure Transducer (PT)	Endress+Hauser	Cerabar PMC51
	02GCF11CQ001	Conductivity Meter	METTLER TOLEDO	M800 Process 1-CH
	02GCF11CF001	Flow Meter	Endress+Hauser	Proline Promag P 10 / 5PBB
	02GCF01CP002	Pressure Transducer (PT)	Endress+Hauser	Cerabar PMC51
RO Pass 2	02GCK32CQ001	pH Meter	METTLER TOLEDO	pH Pure Water pHure ISM

	02GCK32CP001	Pressure Transducer (PT)	Endress+Hauser	Cerabar PMC51
	02GCF21CP501	Pressure Indicator (PI)	WIKA	232.5
	02GCK21CP001	Pressure Transducer (PT)	Endress+Hauser	Cerabar PMC51
	02GCK31CP001	Pressure Transducer (PT)	Endress+Hauser	Cerabar PMC51
	02GCF21CQ001	pH Meter	METTLER TOLEDO	pH Pure Water pHure ISM
	02GCF21CQ002	Conductivity Meter	METTLER TOLEDO	M800 Process 1-CH
	02GCF21CQ003	Silica Analyzer	SWAN	Analyzer AMI Silica
	02GCF21CO002	Pressure Transducer (PT)	Endress+Hauser	Cerabar PMC51
	02GCF21CF001	Flow Meter	Endress+Hauser	Proline Promag P 10 / 5PBB
	02GCF31CF001	Flow Meter	Endress+Hauser	Proline Promag P 10 / 5PBB

**Preventive Maintenance Plan (แผนรายปี)**

- เมนู “Preventive Maintenance Plan (แผนรายปี)” ซึ่งจะแสดงรูปแบบแผนงานระบบซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันรายปี ของระบบรีเวิร์สออสโมซิส กรณีศึกษา แสดงในรูปแบบ Google Sheet ตามภาพตัวอย่าง ดังนี้

ลำดับ	หมวดเครื่องจักร	ชื่อเครื่องจักร	KKS Code	PM Activity	ความถี่ในการ PM	ปี 2567											
						พ.ย.-67				ธ.ค.-67				ม.ค.-68			
						1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Pump	RO Feed Pump no.1	02GCK11AP001	GREASE FILL	4 Week				x				x				x
				VIBRATION & TEMP. CHECK & report	2 Week		x		x		x		x		x		x
		RO Feed Pump no.2	02GCK12AP001	GREASE FILL	4 Week				x				x				x
				VIBRATION & TEMP. CHECK & report	2 Week		x		x		x		x		x		x
		RO Pass1 High Pressure Pump no.1	02GCK21AP001	GREASE FILL	4 Week				x				x				x
				VIBRATION & TEMP. CHECK & report	2 Week		x		x		x		x		x		x
		RO Pass1 High Pressure Pump no.2	02GCK22AP001	GREASE FILL	4 Week				x				x				x
				VIBRATION & TEMP. CHECK & report	2 Week		x		x		x		x		x		x
		RO Pass2 High Pressure Pump no.1	02GCK31AP001	GREASE FILL	4 Week				x				x				x
				VIBRATION & TEMP. CHECK & report	2 Week		x		x		x		x		x		x
		RO Pass2 High Pressure Pump no.2	02GCK32AP001	GREASE FILL	4 Week				x				x				x
				VIBRATION & TEMP. CHECK & report	2 Week		x		x		x		x		x		x
2	Cartridge Filter	Cartridge Filter for RO no.1	02GCB21AT001	Inspection & Clean	2 Week		x		x		x		x		x		x
				Change New Filter	6 Week								x				x
		Cartridge Filter for RO no.2	02GCB22AT001	Inspection & Clean	2 Week		x		x		x		x		x		x
				Change New Filter	6 Week								x				x

### RO Alarm and Troubleshooting

- เมนู “RO Alarm and Troubleshooting” จะรวบรวมข้อมูลปัญหา สาเหตุ และการแก้ไขเบื้องต้น จากคู่มือการเดินเครื่องของระบบรีเวิร์สออสโมซิส กรณีศึกษา แสดงในรูปแบบ PDF ดังนี้

Event	Possible Cause	Remedy
Conductivity meter fault	Conductivity analyser faulty	Investigate cause or replace faulty analyser
RO feed temperature transmitter out of range warning	Instrument signal is reading beyond normal range of operation. Instrument fault Disconnected or broken cable	Calibrate/replace faulty instrument Check connections.
RO stage differential pressure high warning	This usually results from fouling by fine particles	Investigate the type of foulant and perform an appropriate chemical clean.
RO feed pressure high warning/alarm	Valve failed closed or blocked Inlet pressure to RO membranes has exceeded design maximum Membranes have scaled up Reject control valve failed to open or blocked	Check valves are in normal operating positions Schedule chemical clean Review logged information to determine how quickly pressure increased Investigate pretreatment system to

		determine why pressure increased. Chemically clean membraneInspect reject control valve
RO feed flow rate low alarm	Valve partially closed	Investigate causes and rectify
RO reject flow rate low alarm	Valve partially closed	Investigate causes and rectify
Event	Possible Cause	Remedy
RO permeates conductivity high warning	Membranes may have scaled upFeed water conductivity highMembranes not properly flushed after chemical clean RO membrane O-ring slippedDamaged RO membrane	Contact Osmoflo for membrane analysis Investigate possibility of change of water quality Flush the system for a further 15 minutesContact Osmoflo for a detailed membrane autopsyReplace RO

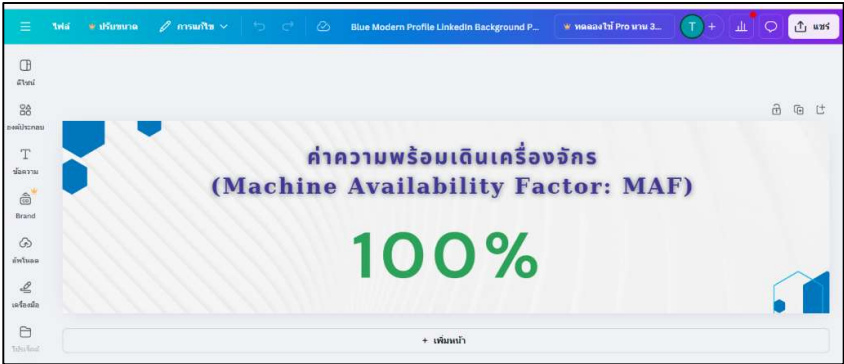
**RO Data Online Record (จากแผนก หคจน-ธ.)**

- เมนู “RO Data Online Record (จากแผนกเคมี)” ซึ่งจะแสดงค่า Reverse Osmosis Data Online ในทุก ๆ Parameter การตรวจวัดทางเคมี ของทางแผนกเคมี เพื่อติดตามสภาพน้ำในระบบ โดยแสดงในรูปแบบ Google Sheet ตามภาพตัวอย่าง ดังนี้

				Reverse Osmosis Data Online												
				DATE												
DCIS				1 พ.ค.67	8 พ.ค.67	15 พ.ค.67	22 พ.ค.67	29 พ.ค.67	6 มิ.ย.67	13 มิ.ย.67	20 มิ.ย.67	27 มิ.ย.67	3 มิ.ค.68	10 มิ.ค.68	17 มิ.ค.68	
Sample	Parameter	KKS														
Cartridge Filter (Inlet RO)	Inlet	Pressure	bar	02GCB21CP001	3.80	3.30	3.40	3.50	3.50	3.50	3.50	4.10	4.10	4.00	3.50	3.50
		Flow	m3/hr	02GCK21CF001	40.10	39.80	40.10	40.10	40.00	39.90	40.00	39.80	40.10	40.00	40.10	39.90
	Outlet	Pressure	bar	02GCB22CP001	3.30	2.30	2.70	2.80	3.20	3.10	3.10	3.80	3.80	3.70	3.20	3.20
		ORP	mV	02GCB22CQ001	300.80	322.60	316.50	311.70	307.30	317.10	302.70	321.90	324.40	313.80	318.70	319.10
		Conductivity	uS/cm	02GCB22CQ002	62.40	69.90	63.50	60.30	57.80	60.50	66.50	50.20	56.80	55.60	50.70	50.70
	pH		02GCB11CQ002	7.00	6.90	6.90	7.00	6.90	6.90	6.80	7.10	7.10	7.00	7.00	6.90	
	Diff. Pressure			0.50	0.70	0.70	0.70	0.30	0.40	0.40	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	
RO Pass I	Inlet pass I stage I	Pressure	bar	02GCK22CP001	4.90	4.70	4.70	4.70	5.00	5.00	5.00	4.90	5.00	4.90	4.90	5.00
		Flow	m3/hr	02GCF01CF001	31.40	31.10	30.90	30.90	31.00	31.00	31.10	31.10	30.80	30.90	31.30	30.90
	Outlet pass I stage I (Permeate)	Pressure	bar	02GCF01CP002	0.70	0.70	0.69	0.70	0.70	0.70	0.70	0.71	0.70	0.70	0.70	0.70
		Conductivity	uS/cm	02GCF01CQ001	5.20	6.50	7.20	6.90	6.80	5.80	5.20	4.40	4.70	5.70	5.10	4.80
		Diff. Pressure			0.90	0.60	0.40	0.40	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.80	
	Diff. Pressure			0.40	0.40	0.50	0.50	0.40	0.40	0.50	0.40	0.50	0.50	0.40		
RO Pass I	Inlet pass I stage II	Pressure	bar	02GCF01CP001	4.00	4.10	4.30	4.30	4.30	4.30	4.20	4.30	4.20	4.20	4.20	
		Flow	m3/hr	02GCF11CF001	8.10	8.20	8.40	8.30	8.40	8.40	8.30	8.30	8.20	8.20	8.30	
	Outlet pass I stage II (Reject : Concentrate)	Pressure	bar	02GCF11CP001	3.60	3.70	3.80	3.80	3.70	3.90	3.80	3.80	3.80	3.70	3.70	3.80
		Conductivity	uS/cm	02GCF11CQ001	268.50	291.10	259.40	253.20	260.70	189.50	280.50	214.60	233.40	239.00	216.10	216.70
		Diff. Pressure			0.40	0.40	0.50	0.50	0.40	0.40	0.50	0.40	0.50	0.50	0.40	
RO Pass II	Inlet pass II stage I	Pressure	bar	02GCK32CP001	7.50	7.40	7.40	7.30	7.20	7.20	7.60	7.50	7.50	7.00	7.40	7.50
		pH		02GCK32CQ001	8.20	7.56	7.06	7.64	9.01	8.15	8.15	6.95	8.62	7.44	6.85	7.06
	Outlet pass II stage I	Flow	m3/hr	02GCF21CF001	27.40	26.70	26.80	26.80	26.40	26.80	26.70	27.20	27.10	27.20	26.80	26.80
		Pressure	bar	02GCF21CP002	0.50	0.40	0.40	0.40	0.20	0.30	0.40	0.40	0.50	0.50	0.50	0.50
		pH		02GCF21CQ001	9.30	8.30	7.90	7.30	9.80	7.20	7.20	6.60	9.50	7.70	6.50	7.40

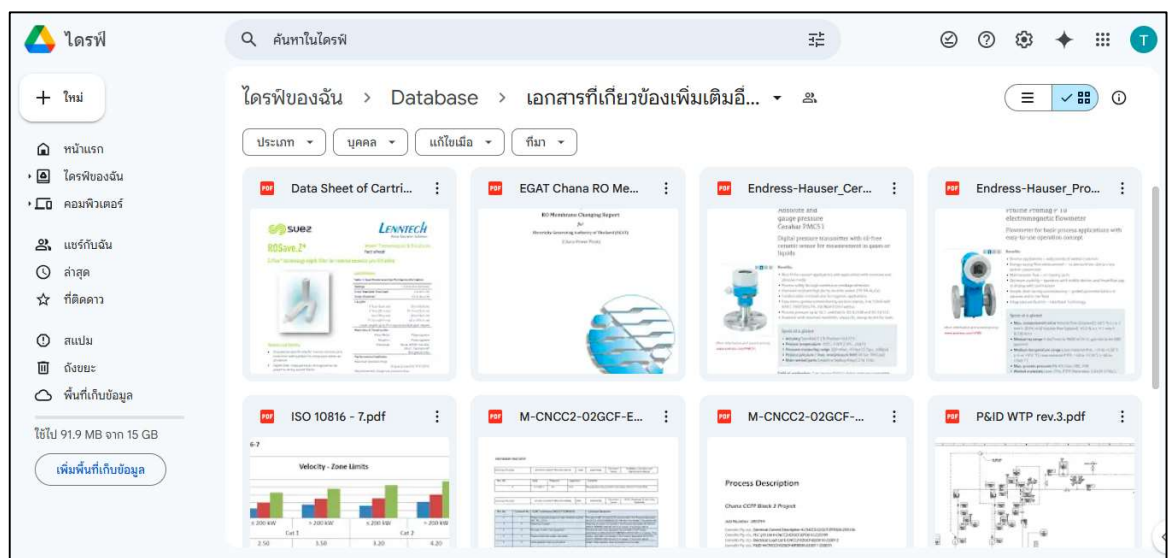
**Result of Data Show**

- เมนู “Result of Data Show” ซึ่งใช้สำหรับบันทึกค่าความพร้อมเดินเครื่องจักร (Machine Availability Factor: MAF) เพื่อนำไปรายงานผลในภาพรวมยังหน้า Dashboard แสดงดังภาพตัวอย่าง ดังนี้



### เอกสารที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติมอื่น ๆ

-เมนู “เอกสารที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติมอื่น ๆ” ซึ่งจะรวบรวมไฟล์เอกสารต่างๆ (นอกเหนือจากข้อมูล ซึ่งมีนัยสำคัญ ที่นำมาแสดงในหน้าเว็บไซต์) ที่เป็นประโยชน์และเกี่ยวข้องกับระบบรีเวิร์สออสโมซิส กรณีศึกษา เพื่อความสะดวก รวดเร็วในการค้นหาเอกสารอื่นๆ เพิ่มเติม สำหรับพนักงานซ่อมบำรุงหรือผู้ที่สนใจ สำหรับใช้ในการศึกษา อ้างอิง เป็นข้อมูลประกอบเพิ่มเติม โดยจัดเก็บไฟล์อยู่ในรูปแบบ Google Drive ซึ่ง ณ เบื้องต้นปัจจุบัน ประกอบด้วยข้อมูล แสดงได้ดังนี้



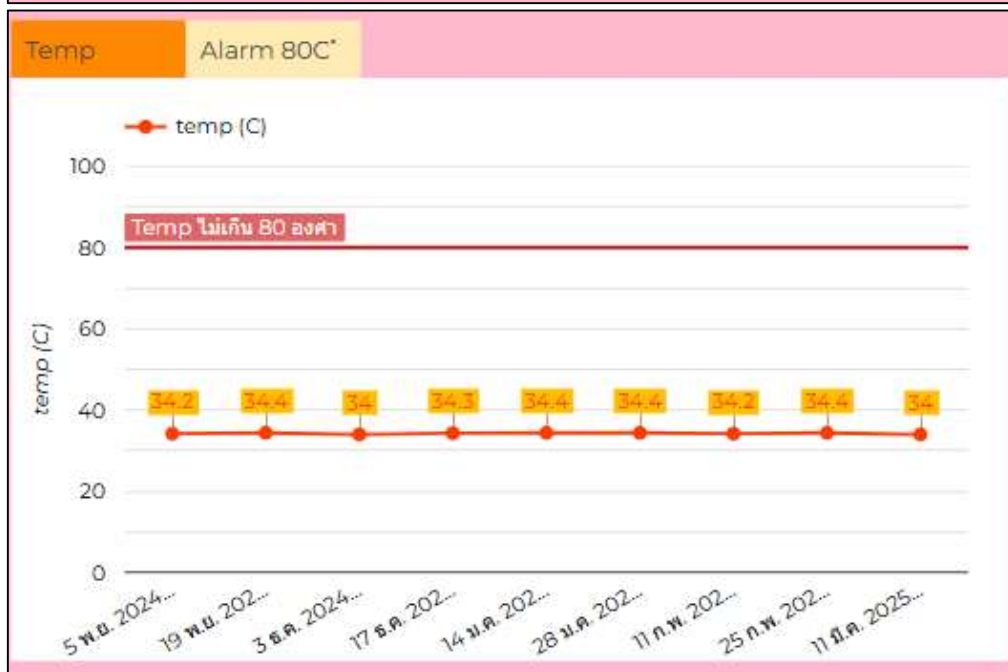
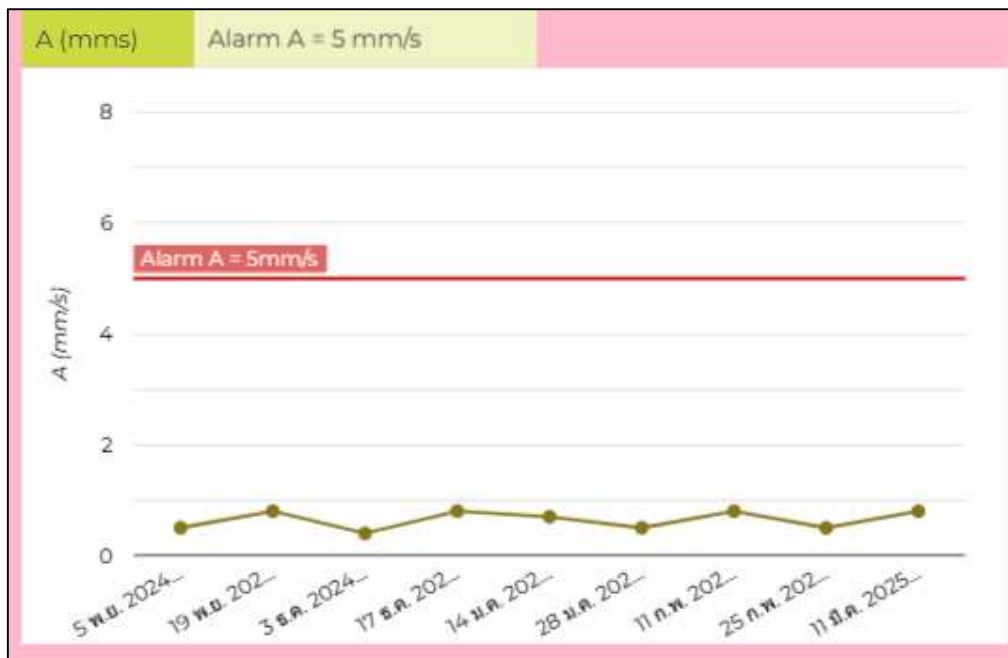
### 3. Dashboard แสดงรายงานข้อมูลที่มีการวิเคราะห์ ติดตาม หน้าเว็บไซต์ ประกอบด้วย

- Dashboard รายงานผลค่าความพร้อมเดินเครื่องจักร (Machine Availability Factor: MAF) ของระบบรีเวิร์สออสโมซิส กรณีศึกษา แสดงดังภาพตัวอย่าง ดังนี้

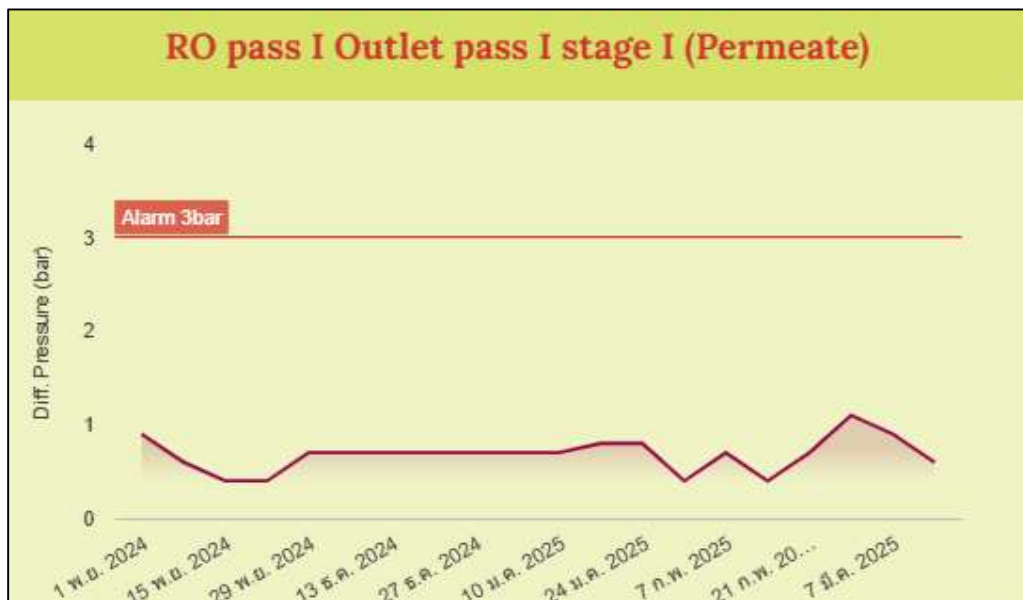
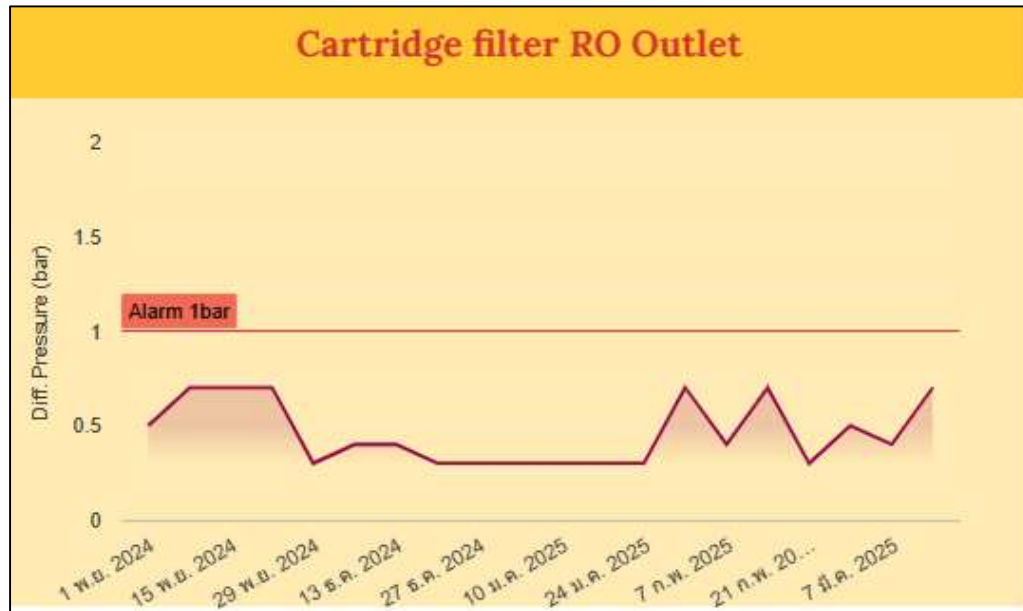


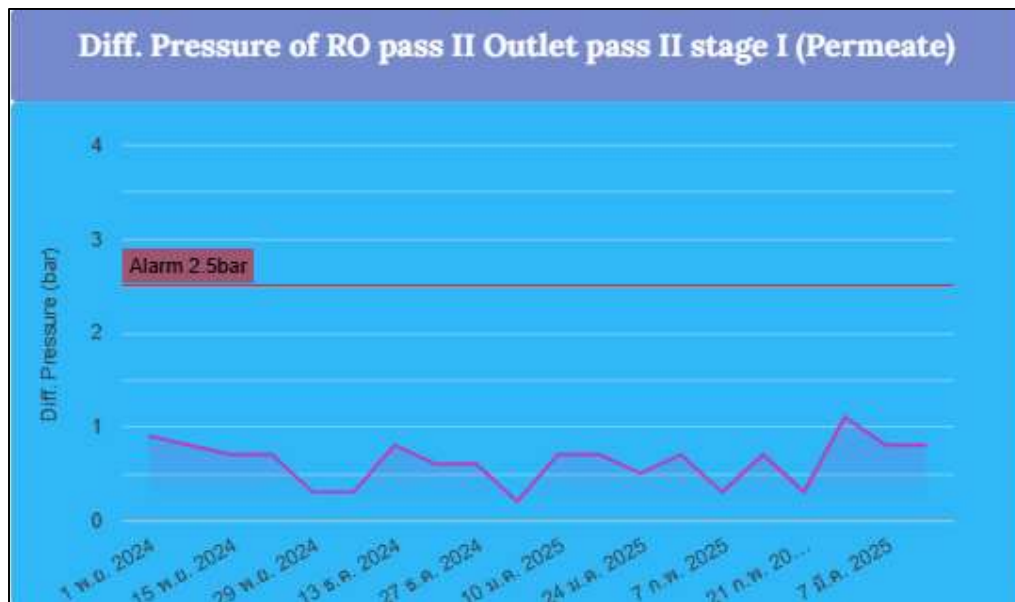
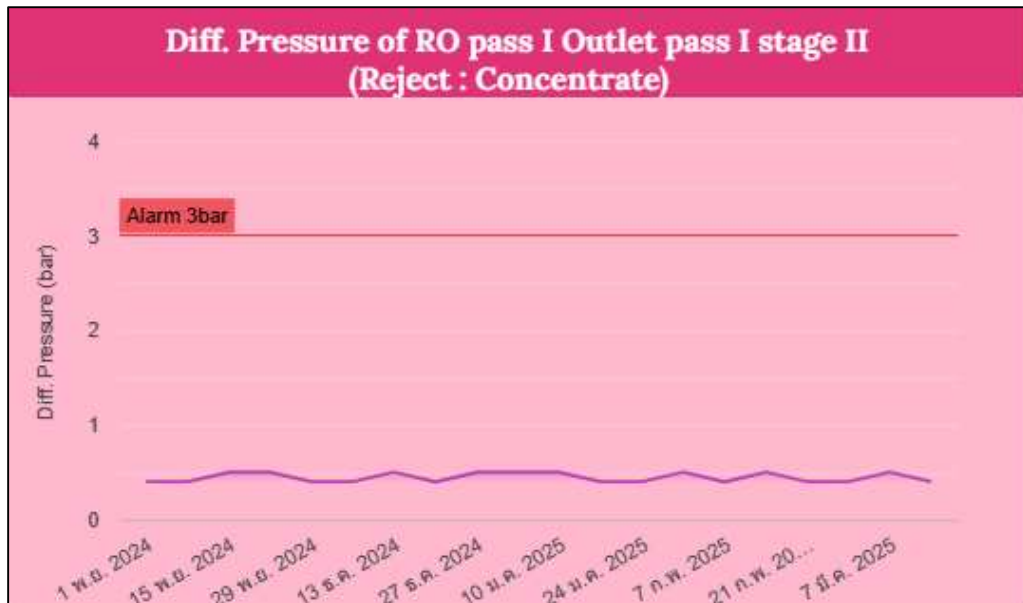
- Dashboard รายงานผล ติดตามค่าการสั่นสะเทือน (Vibration) และค่า Temperature Bearing ของ RO Pump ในรูปแบบ Trend Plot แสดงดังภาพตัวอย่าง ดังนี้

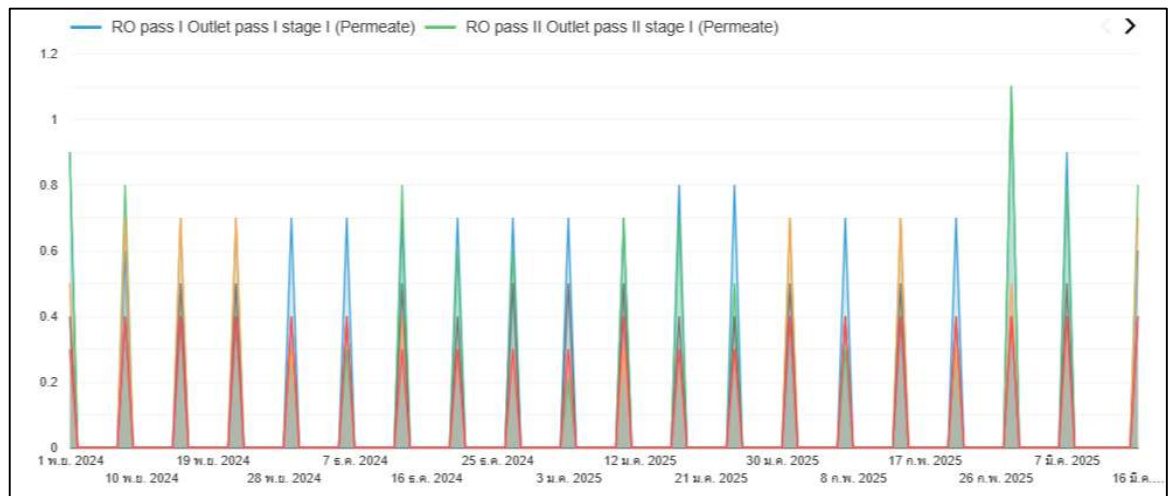
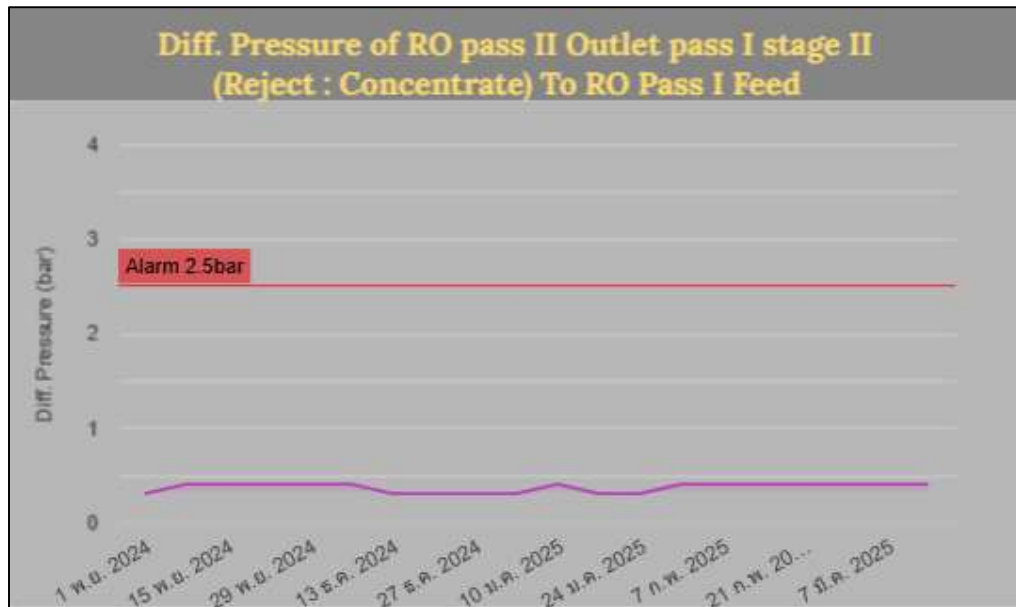




- Dashboard รายงานผล ติดตามค่าความดันตกคร่อม (RO Diff. Pressure Online) ในระบบรีเวิร์สออสโมซิส (RO) ในรูปแบบ Trend Plot แสดงดังภาพตัวอย่าง ดังนี้



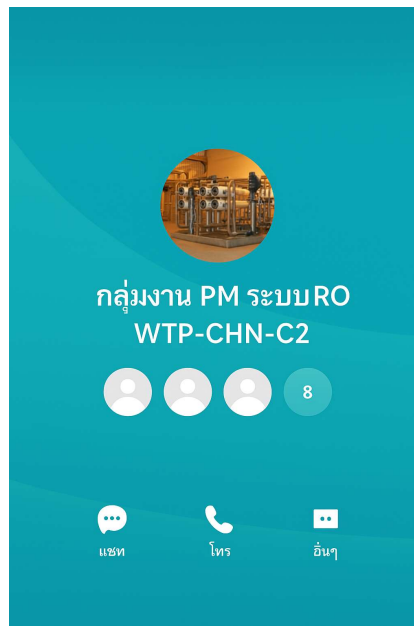


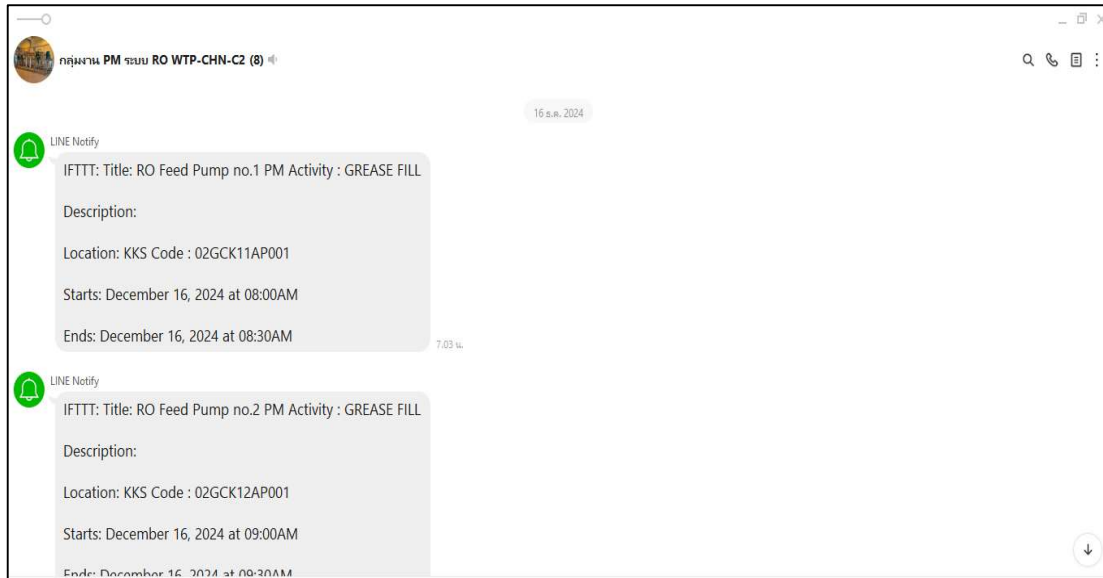


#### 4. ปฏิทินตารางกิจกรรมงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน(ปฏิทินงาน PM) แสดงหน้าเว็บไซต์

วันนี้ < > มกราคม 2025						
จ. 30	อ. 31 ● 8am RO Pass1 High Pres	พ. 1 ม.ค.	พ. 2 ● 8am RO Permeate Hose ● 9am RO Permeate Tank I อีก 4 รายการ	ศ. 3 ● 8:30am Pressure Transd ● 9:30am Pressure Transd อีก 9 รายการ	ส. 4	อา. 5
6 ● 2pm pH Meter PM Activi ● 2:30pm Pressure Transd อีก 2 รายการ	7	8 ● 1pm Conductivity Meter	9	10 ● 8am RO Permeate Tank I ● 11am เก็บค่า RO Online Re	11	12
13	14 ● 8am RO Feed Pump no.1 ● 8am RO Pass1 High Pres อีก 7 รายการ	15 ● 9am Pressure Transduce ● 11am Pressure Transduce อีก 2 รายการ	16 ● 8am RO Permeate Hose ● 9am RO Permeate Tank I อีก 4 รายการ	17 ● 8:30am Pressure Transd ● 9:30am Pressure Transd อีก 9 รายการ	18	19
20 ● 8am Cartridge Filter for ● 8am RO Feed Pump no.1 อีก 7 รายการ	21 ● 8am RO Pass 1 Stage 1 M ● 9am RO Pass 1 Stage 1 M อีก 5 รายการ	22 ● 8am RO Pass 1 Stage 2 M ● 9am RO Pass 1 Stage 2 M อีก 5 รายการ	23	24 ● 11am เก็บค่า RO Online Re	25	26
27	28 ● 8am RO Feed Pump no.1 ● 8am RO Pass1 High Pres อีก 8 รายการ	29 ● 9am Pressure Transduce ● 11am Pressure Transduce อีก 2 รายการ	30 ● 8am RO Permeate Hose ● 9am RO Permeate Tank I อีก 4 รายการ	31 ● 8:30am Pressure Transd ● 9:30am Pressure Transd อีก 9 รายการ	1 ก.พ.	2

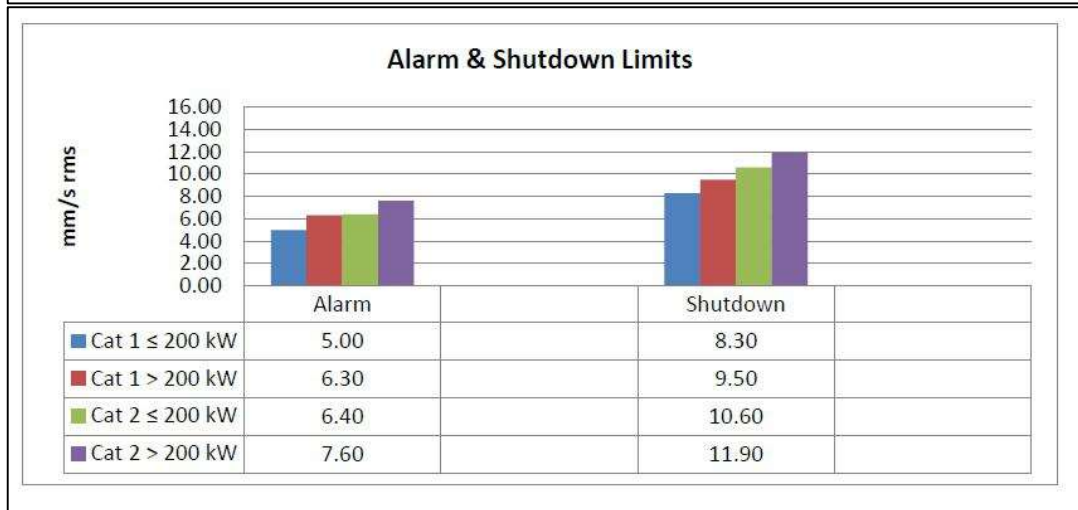
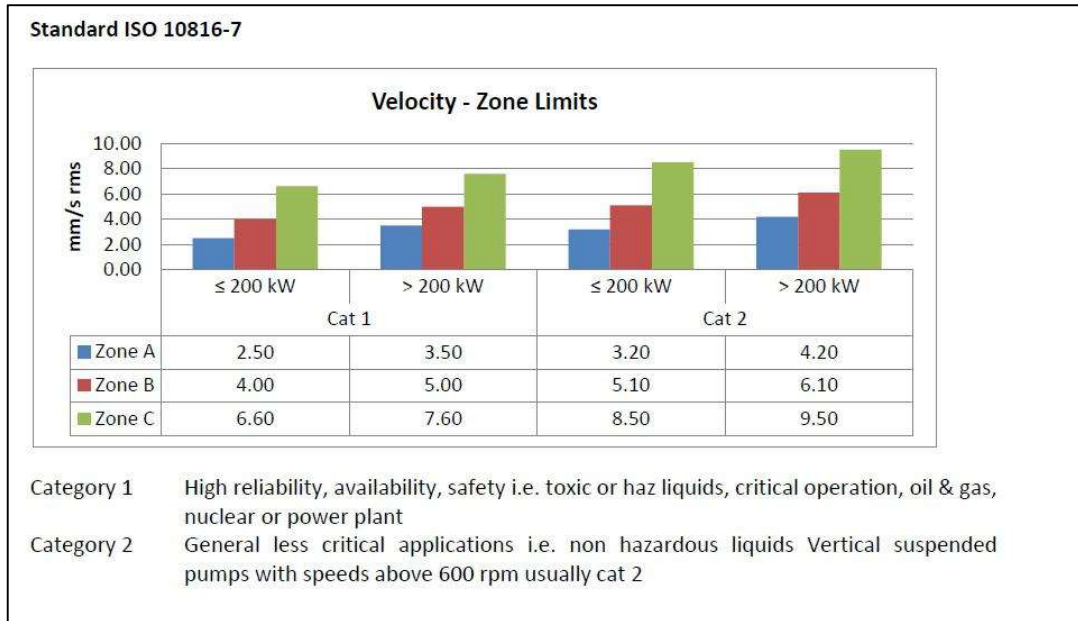
#### 5. กลุ่ม Line ของพนักงานซ่อมบำรุง ระบบงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบรีเวิร์สออสโมซิส กรณีศึกษา และตัวอย่างการแจ้งเตือนกิจกรรมงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันตามแผน ผ่านทาง Line Notify





ภาคผนวก ข

ISO 10816-7 Standard for Vibration



**SCOPE**

The standards included in these guidelines are applicable to rotodynamic pumps only and do not include guidance or vibration levels of drivers that may be part of the pump set.

The vibration limits apply to pumps with multi-vaned impellers. Pumps specifically designed for solids handling and waste water applications will experience higher out of balance forces and pressure pulsations with subsequently increased vibration levels.

### มาตรฐานอุณหภูมิตลับลูกปืน (Bearing Temperature Standard for Monitoring)

#### มาตรฐานอุณหภูมิแบร์ริง

อุณหภูมิพื้นผิว: เมื่อตลับลูกปืนทำงานภายใต้สภาพการทำงานที่ระบุอุณหภูมิพื้นผิวด้านนอกของตลับลูกปืนในตัวไม่ควรสูงกว่าอุณหภูมิของสื่อลําเลี้ยงที่ 20 องศา C และ **อุณหภูมิสูงสุดไม่ควรสูงกว่า 80 องศา C** อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของพื้นผิวด้านนอกของตลับลูกปืนที่ติดตั้งภายนอกไม่ควรสูงกว่าอุณหภูมิแวดล้อม 40 องศา C อุณหภูมิสูงสุดไม่สูงกว่า 80 องศา C

อุณหภูมิในการทำงาน: อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของตลับลูกปืนจะต้องไม่เกินอุณหภูมิแวดล้อม 35 ° C และ อุณหภูมิสูงสุดจะต้องไม่เกิน 75 ° C

ที่มา : <https://th.dazbearing.com/info/bearing-temperature-standard-67103554.html>

### ค่า Alarm Warning for Diff. Pressure of RO System Process

#### Alarm Warning for Diff. Pressure of RO System Process

Diff. Pressure of Cartridge filter RO Outlet ค่า Alarm 1 bar

Diff. Pressure of RO pass I Outlet pass I stage I (Permeate) ค่า Alarm 3 bar

Diff. Pressure of RO pass I Outlet pass I stage II (Reject: Concentrate) ค่า Alarm 3 bar

Diff. Pressure of RO pass II Outlet pass II stage I (Permeate) ค่า Alarm 2.5 bar

Diff. Pressure of RO pass II Outlet pass I stage II (Reject: Concentrate) To RO Pass I Feed ค่า Alarm 2.5 bar

ที่มา...แผนก ทคจน-ธ.

**ประวัติผู้เขียน**

ชื่อ สกุล นายพฤษ์วิสาข์ บุญยอด  
รหัสประจำตัวนักศึกษา 6310121031

วุฒิการศึกษา	วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
	ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตร์ วิศวกรรมเครื่องกล	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	พ.ศ.2549

**ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน**

หัวหน้าแผนกบำรุงรักษาเครื่องกล  
สังกัดแผนกบำรุงรักษาเครื่องกล, กองบำรุงรักษาโรงไฟฟ้า,  
ฝ่ายโรงไฟฟ้าจะนะ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย  
สถานที่ตั้ง 124/5 หมู่ที่ 1 ตำบลป่าชิง อำเภोजะนะ จังหวัดสงขลา 90130